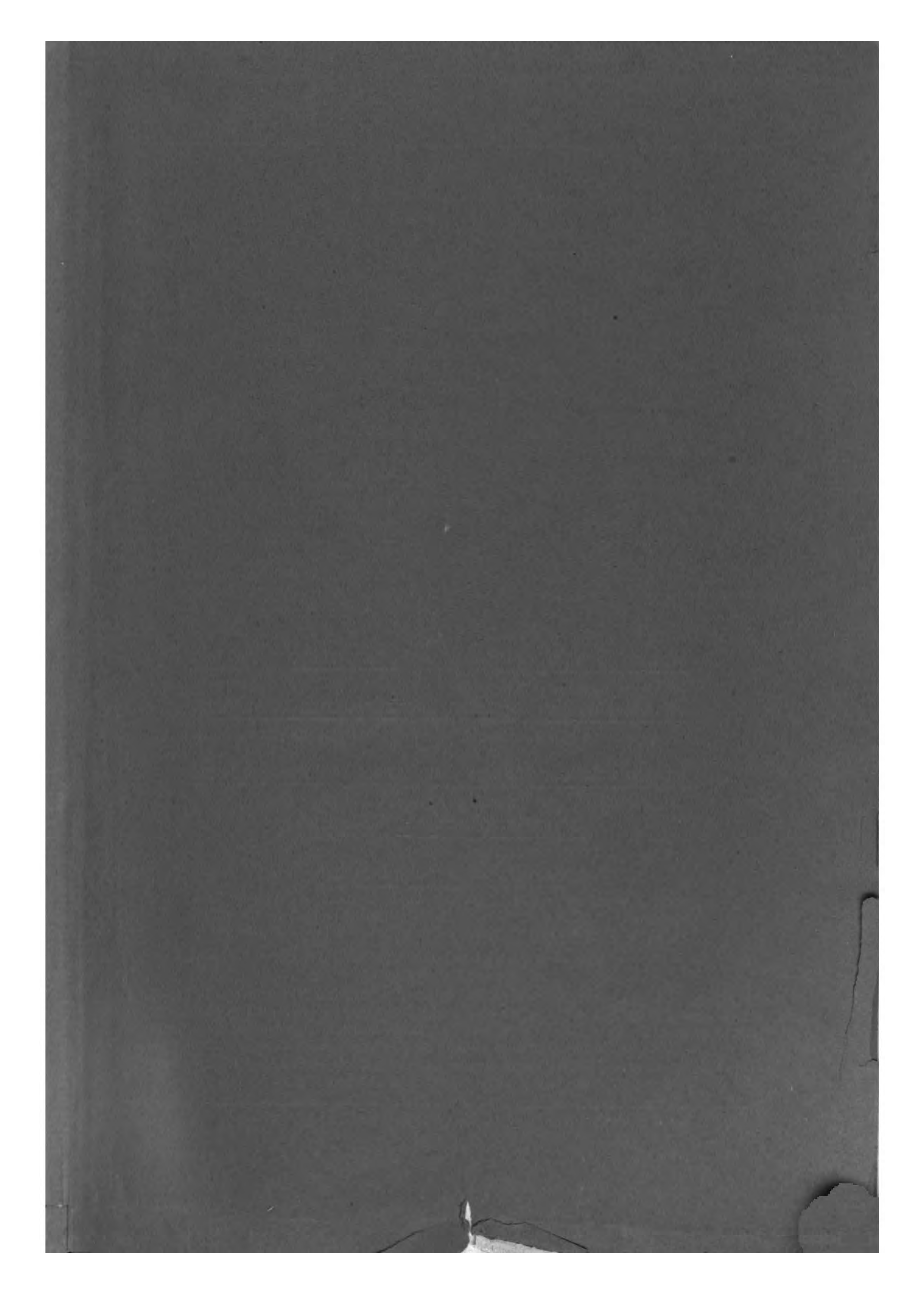


RAUBER-KOPSCH

Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen

Von

DR. FR. KOPSCH
a. o. Professor der Anatomie und I. Prosektor am Anatomischen Institut der Universität Berlin

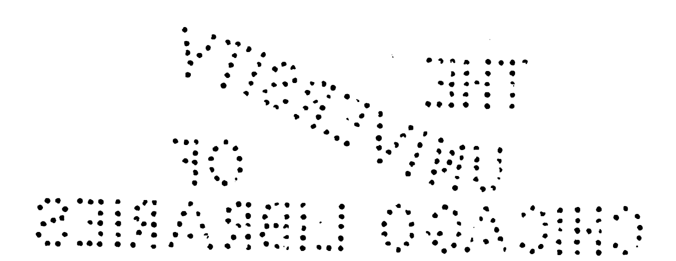
IN 6 ABTEILUNGEN

Abteilung 2:
Knochen, Bänder

Mit 430 zum Teil farbigen Abbildungen

Zwölfte vermehrte und verbesserte Auflage

LEIPZIG 1922 / GEORG THIEME



Inhalt von Abteilung II.

Besonderer Teil.

I. Das Skeletsystem.

Knochenlehre, Osteologia.

Bänderlehre, Syndesmologia.



Besonderer Teil.

I. Das Skeletsystem.

Das Skeletsystem oder das System der passiven Bewegungsorgane besteht aus den Knochen, den zu ihnen gehörigen Knorpeln, sowie den die einzelnen Skeletstücke miteinander verbindenden Bändern. Die Lehre von den Knochen, Osteologie, ist zuerst zu behandeln, ihr folgt die Bänderlehre, Syndesmologie.

Knochenlehre, Osteologia.

A. Allgemeine Osteologie.

1. Vorbemerkungen.

Knochen, Ossa, sind feste harte, elastische Organe, welche in ihrer Gesamtheit das Gerippe, Sceletum, ausmachen (Fig. 24). Sie haben im frischen Zustande eine weißliche, nach Maßgabe ihres Blutgehaltes mehr gelbliche oder rötliche Farbe und besitzen sehr verschiedene Formen.

Knochen bestehen vor allem aus Knochengewebe; aber es kommen noch viele andere Dinge hinzu, um einen Knochen zu bilden. An den Verbindungsflächen mit benachbarten Skeletstücken sind die meisten Knochen mit einem knorpeligen, andere mit einem bindegewebigen Überzuge versehen. Der übrige Teil der Knochenoberfläche liegt ebenfalls nicht nackt zutage, sondern ist von der Beinhaut, Periosteum, überkleidet. Wo sich ein längeres Knorpelstück an die Knochen anschließt, wie bei den Rippen, setzt sich das Periost als Perichondrium auf den Knorpel fort. Andere Bestandteile der Knochen sind Blutgefäße, Lymphgefäße, Nerven, gelbes und rotes Knochenmark, sowie eine dem Periost entsprechende, das Knochenmark umschließende feine fibröse Haut, das Periosteum internum oder Endosteum.

2. Organstruktur des Knochens.

Zunächst wollen wir zusehen, in welcher Art das Knochengewebe angeordnet ist im Bau des ganzen Knochens. Hierzu ist es am besten, Querschnitte und Längsschnitte eines Röhrenknochens in Augenschein zu nehmen.

Das freie Auge erkennt an einem der Länge nach mitten durchsägten Röhrenknochen (Fig. 1) einen festen, dichtgefügten, dem Mittelstück angehörigen Teil, welcher gegen die beiden Enden des Knochens hin allmählich sich verdünnt. An den Endstücken des Knochens dagegen nimmt, je mehr die Substantia compacta sich verdünnt, ein von der harten Rinde ausgehendes Balkenwerk, die

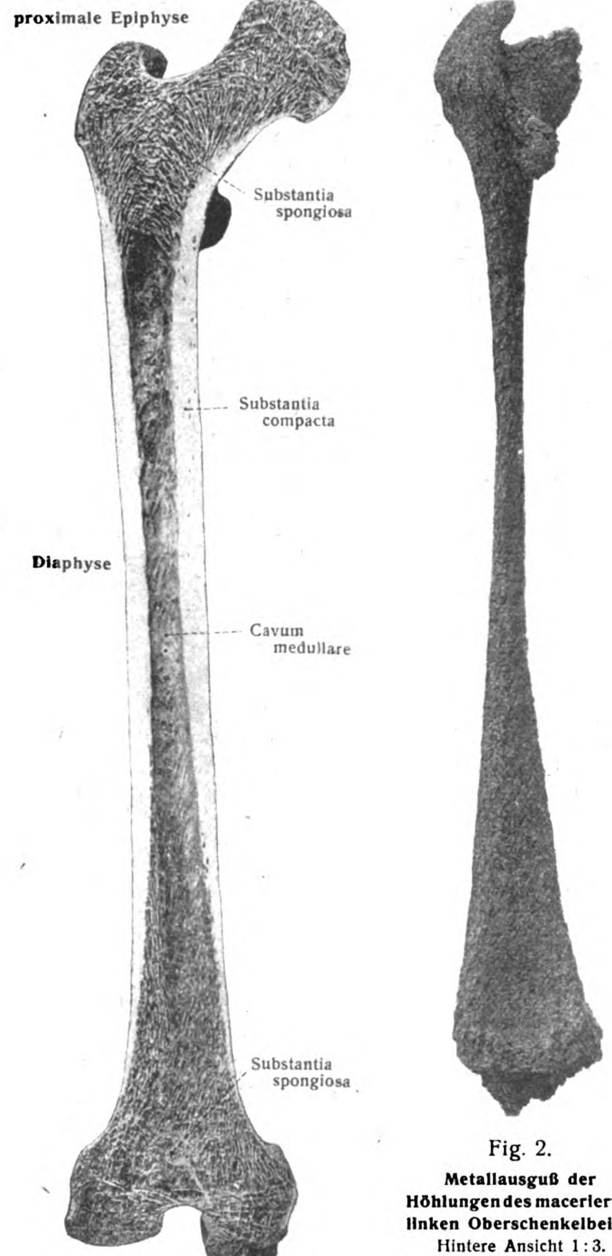


Fig. 1.
Längsschnitt eines Röhrenknochens.
Rechtes Oberschenkelbein frontal durchsägt.
2 : 5.

Fig. 2.
Metallausguß der Höhlungen des macerierten linken Oberschenkelbeins.
Hintere Ansicht 1 : 3.

Das Caput und die Kondylen sind ungefüllt geblieben. Die engste Stelle der Markhöhle liegt hiernach an der Grenze des proximalen gegen das mittlere Drittel der Knochenlänge.

schwammige Knochensubstanz, Substantia spongiosa, an Ausdehnung zu. In der Mitte des Röhrenknochens befindet sich die Markhöhle (Figg. 1, 2), welche an beiden Endstücken in die vielen kleinen Räume der schwammigen Substanz übergeht. Eine mehr oder minder große Anzahl von gröberen Gefäßkanälen dringt von den Endstücken und vom Mittelstück aus in das Innere des Knochens ein und durchzieht mit reichen Verzweigungen, welche nur das Mikroskop kennen lehrt, den ganzen Knochen. So werden vom Periost aus, welches alle dem Knochen bestimmten Gefäße aufnimmt, die kompakte und schwammige Substanz, sowie aller Inhalt derselben, darunter das Mark des Mittelstückes und der Endstücke mit Blutgefäßen versorgt. Die äußere und innere Oberfläche sind mit Mündungen feiner Gefäßkanäle übersät.

Bevor wir nun mit bewaffnetem Auge an die Betrachtung der Organstruktur gehen, rufen wir uns ins Gedächtnis zurück, daß die Tela ossea, das Knochengewebe, zum Bindesubstanzgewebe gehörig, aus (verkalkter) Interzellularsubstanz, Zellen und Fasern besteht und wiederholen das in Abt. I über die Gewebsstruktur Gesagte. Wir bedenken ferner, daß wir einen macerierten Knochen untersuchen, d. h. einen durch Fäulnis von den unverkalkten Weichteilen befreiten Knochen. Deshalb werden wir nicht die Knochenzellen, sondern nur die von ihnen eingenommenen

Knochenlücken sehen. Ebenso sind Blutgefäße, Nerven, Lymphgefäße nicht zu sehen, sondern nur die Kanäle, in denen sie verlaufen.

Ein Längsschliff (Fig. 3) zeigt eine Reihe von feinen Kanälchen, Haversche Kanälchen, und ihre Verbindungen mit einander. Die in ihnen vorhanden gewesenen Gefäße und Nerven sind durch die Fäulnis zerstört. Die zwischen den Gefäßkanälen gelegene Knochensubstanz zeigt eine Menge in bestimmten Reihen aufgestellter Knochenhöhlen mit den zahllosen feinen, von ihnen ausgehenden Knochenkanälchen.

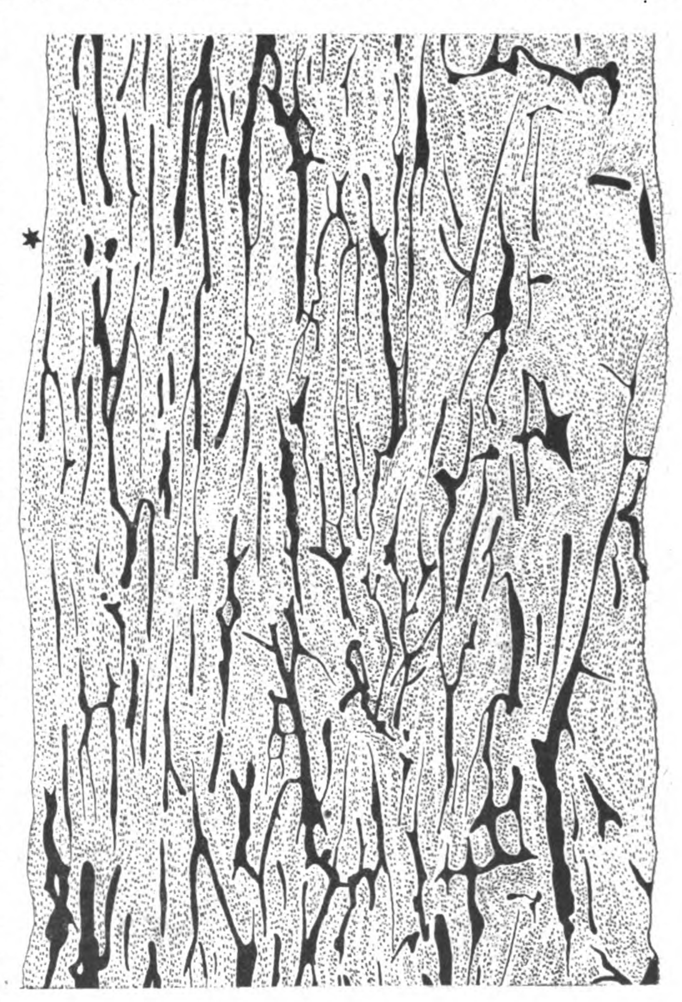


Fig. 3.
Knochenlängsschliff. Radialer Längsschnitt durch die Diaphyse des Femur vom Menschen. 15 : 1.
Haverssche Kanäle schwarz. * = äußere Oberfläche.

Fügt man dazu die Betrachtung des Querschliffes eines Röhrenknochens (Figg. 4, 5), so bemerkt man vor allem da und dort den Durchschnitt Haversscher Kanälchen, welche in kleineren oder größeren Abständen voneinander liegen, kleinere oder größere Durchmesser haben. Deutlicher noch, als es am Längsschnitt möglich war, erkennt man den blättrigen Bau der Compacta, welcher dadurch zustande kommt, daß immer eine Lage Grundsubstanz und eine Lage von Knochenkörperchen abwechseln. Die Blätter oder Lamellen der Knochensubstanz zeigen verschiedene Verlaufsrichtungen. Dem äußeren Umfang parallel läuft eine Reihe äußerer Grundlamellen (auch Fundamental- oder Generallamellen genannt); ebenso verhält es sich am inneren Umfang mit den inneren Grundlamellen. Zwischen dem äußeren und inneren System dieser umfassenden Lamellen liegen kleinere Lamellensysteme, Speziallamellen, Haverssche Lamellen, welche die Haversschen Kanäle konzentrisch umkreisen. Unter Haversschem System versteht man den Haversschen Kanal samt allen ihn umkreisenden Lamellen. Eine vierte Gruppe von Lamellensystemen füllt die Zwischenräume zwischen den übrigen aus und wird intercalare, interstitielle oder Schaltlamellen genannt.

Es gibt den Haversschen ähnliche Kanäle der Knochensubstanz, welche, ohne begleitende Lamellensysteme um sich zu haben, die Knochensubstanz durchsetzen (in den Figuren ist kein solcher vorhanden); man nennt sie Volkmannsche Kanäle; die in ihnen vorhandenen Blutgefäße heißen perforierende Gefäße.

Von interstitiellen Lamellensystemen gibt es zwei Arten, echte und unechte. Letztere sind nichts anderes, als Bruchstücke von Haversschen Lamellensystemen.

Die Anzahl der zu einem Haversschen System gehörigen Lamellen ist wechselnd. Im allgemeinen sind die weitesten Kanäle nur mit wenigen Lamellen umgürtet, die mittleren mit den meisten, die feinsten wieder mit nur wenigen. Die Anzahl schwankt von 3 bis 22. Die Dicke einer einzelnen Lamelle beträgt durchschnittlich $6-9\,\mu$.

Der feinere Bau der einzelnen Lamelle ist natürlich ganz besonders wichtig, da der ganze Querschnitt des Knochens nichts anderes als Lamellen zeigt.

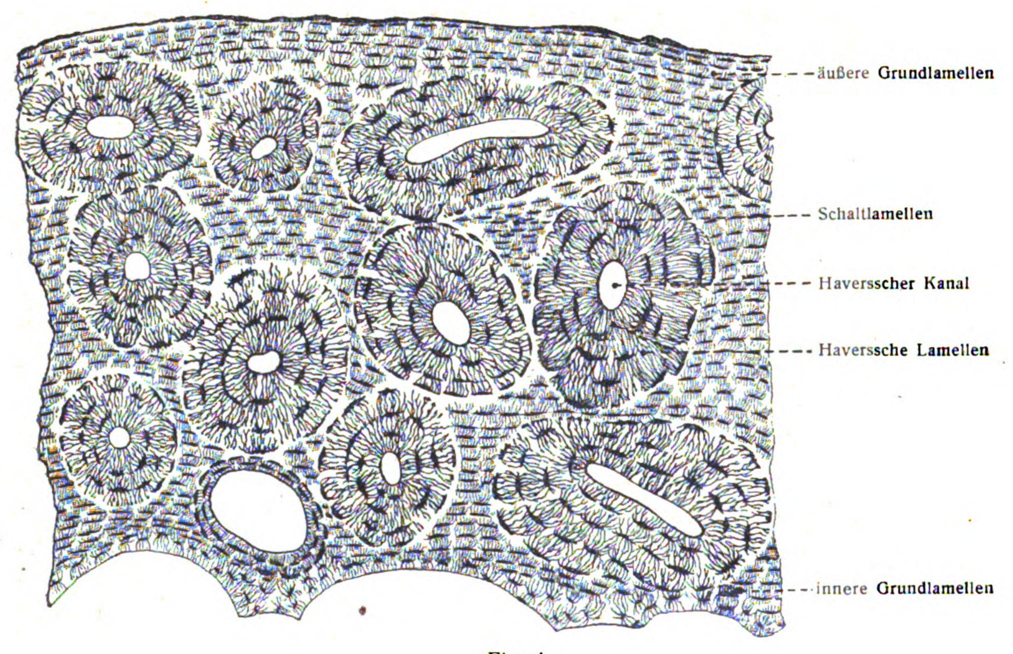


Fig. 4.
Knochenquerschliff. Schema. 100:1.

Untersucht man bei stärkerer Vergrößerung einen äußerst feinen Schliff, dessen Knochenlücken mit Canadabalsam gefüllt sind (Fig. 6), oder Querschnitte entkalkter Knochen, so nimmt man im günstigsten Fall eine sehr deutlich ausgesprochene Gliederung wahr, insofern eine jede Haverssche Lamelle aus einer Anzahl von hellen und dunklen Lamellen zusammengesetzt ist. Die dunkleren sind fein punktiert, die helleren fein gestreift. An einem Längsschliff oder Längsschnitt dagegen tritt das umgekehrte optische Verhalten auf. Der dort dunkle Teil erscheint hier hell, der dort helle hier dunkel. Weiteres Eingehen auf dieses Verhalten hat gezeigt, daß es auf der Gegenwart sich kreuzender Systeme der Knochenfibrillen beruht, deren eines in querer Richtung verläuft, während das andere dazu senkrecht gestellt ist. Die dunkle Punktierung beruht auf dem Querschnitt, die feine Streifung auf dem Längsschnitt eines Fibrillensystems. Die ganze Erscheinung ist bekannt unter dem Namen des Sharpey-Ebnerschen Lamellenphänomens.

Nicht immer aber sind die Fibrillensysteme derartig gerichtet. Nach v. Kölliker ist der häufigste Verlauf der Fibrillen derart, daß sie sich zwar selbst unter einem rechten Winkel kreuzen, dabei aber in jeder Lamelle einen

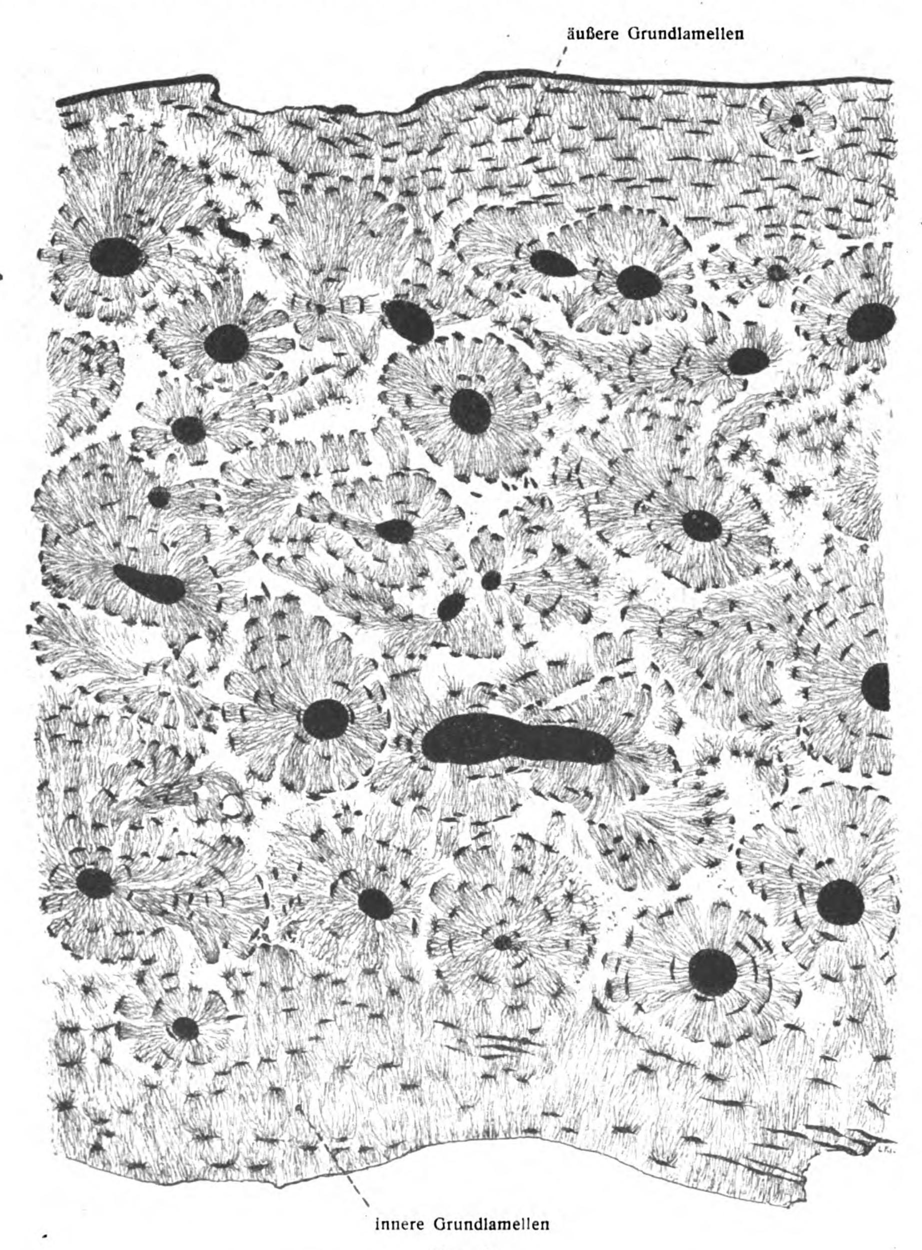


Fig. 5.

Knochenquerschliff. 110 : 1. Diaphyse einer Mittelphalanx.

Winkel von etwa 45° mit der Axe des Haversschen Kanals bilden. Häufig kommt es auch vor, daß die einen Fasern quer oder nahezu quer und die anderen teils unter Winkeln von 20° bis 30° zur Axe der Kanäle verlaufen. Am seltensten haben die einen Fasern queren, die anderen reinen Längsverlauf.

Bei Untersuchung im polarisierten Licht zeigt es sich, daß die längsgeschnittenen Fibrillen das Licht einfach, die querdurchschnittenen das Licht doppelt brechen, also schwarz erscheinen.

Zu den Fibrillenlagern verhalten sich die Knochenhöhlen so, daß sie mit ihrem Längsdurchmesser der Richtung der Fibrillen folgen und teils in den dunkeln, teils in den hellen Feldern der Lamellen liegen. Sie sind dabei zugleich der Fläche nach leicht gebogen, wie es der Kurve der Lamelle entspricht; ihre Breitseiten liegen der Oberfläche der Lamellen parallel. So verhält es sich in den Haversschen und Grundlamellen, während in den Schaltlamellen die Knochenhöhlen sehr unregelmäßig liegen. Die Knochenhöhlen und Knochenkanälchen befinden sich dabei immer in der interfibrillaren, verkalkten Substanz (Kittsubstanz),

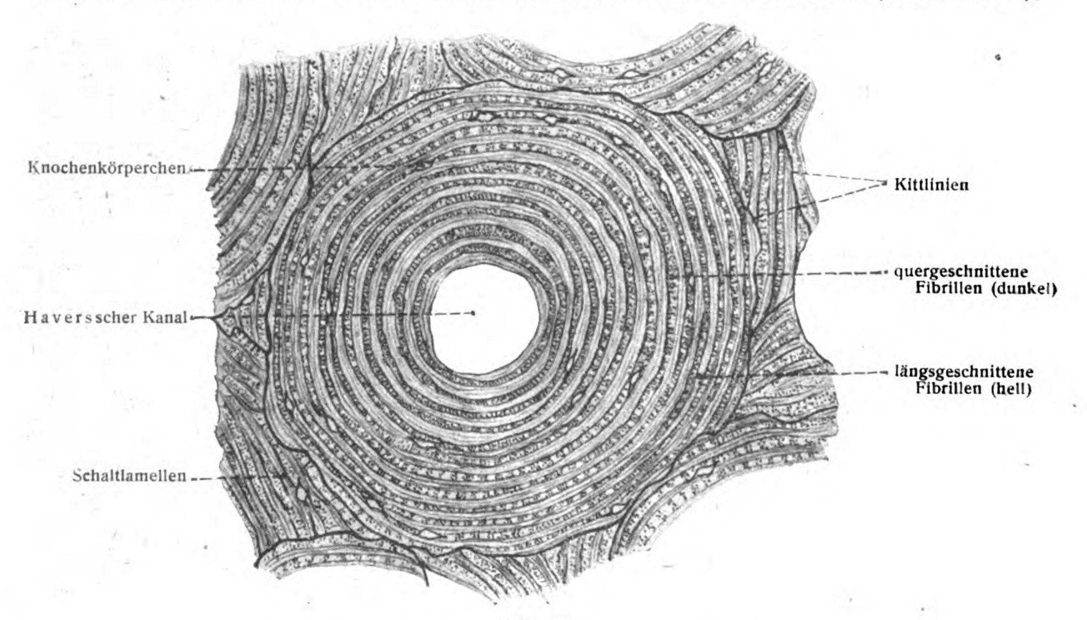


Fig. 6.

Fibrillenlamellen (Sharpey-Ebnersches Lamellenphänomen).
Stück eines Querschliffes durch die Diaphyse eines menschlichen Oberschenkelbeins. 300 : 1. Ein ganzes Haverssches System mit den angrenzenden Haversschen und interstitiellen Lamellen.

welche um sie herum eine sehr dichte Beschaffenheit besitzt (Broesikes Grenzschicht).

Eine wichtige Rolle beim Aufbau des Knochengewebes spielen die Sharpeyschen oder durchbohrenden Fasern. Sie sind von der Beinhaut unmittelbar in die Knochensubstanz einstrahlende Bündel fibrillären Bindegewebes, welche verkalkt oder unverkalkt vorkommen (Fig. 7) und auch Zellen führen können (van Bambeke). Sie dringen in die äußeren Grund- und die anstoßenden Schaltlamellen ein und verlaufen nach den verschiedensten Richtungen, enthalten auch oft elastische Fasern. Sie kommen mehr oder weniger reichlich in allen Knochen vor, welche periostalen oder endesmalen Ursprung haben.

So verhält es sich mit dem Gewebe der Substantia compacta. Die schwammige Knochensubstanz ist nicht wesentlich verschieden. Die Haversschen Kanälchen sind aber in den dünnen Spongiosabalken spärlich, ihre Lamellensysteme selten, bis endlich mit zunehmender Feinheit der Plättchen und Bälkchen die Lamellen aufhören und nur Knochengewebe übrig bleibt.

Am nicht macerierten Knochen findet man in den Knochenhöhlen die Knochenzellen, in den Knochenkanälchen die Ausläufer der Zellen, und in den Haversschen Kanälchen Blut- und Lymphgefäße sowie Nerven. (Fig. 8.)

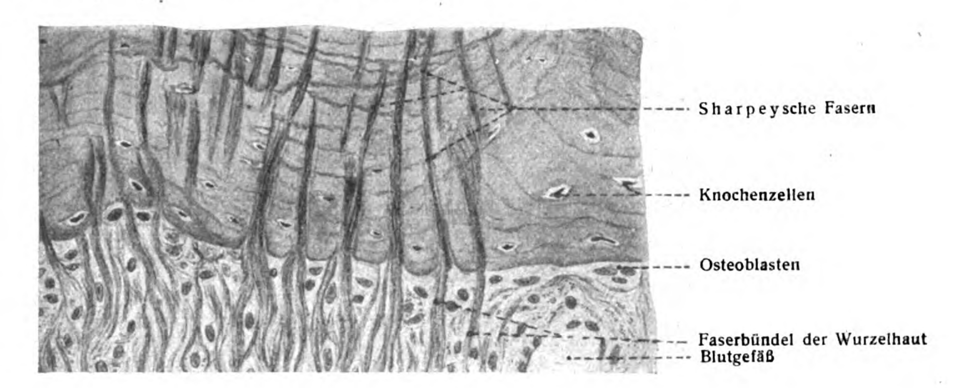


Fig. 7.

Sharpeysche Fasern in der Knochenwand eines Zahnfaches des Menschen. 300 : 1.
Die Faserbündel der Wurzelhaut durchsetzen als Sharpeysche Fasern den Knochen.

Eine besondere Modifikation des Knochengewebes ist, wie v. Kölliker zeigte, die sogenannte grobfaserige Knochensubstanz. Sie ist beim Erwachsenen nur an wenigen Stellen vorhanden, beim Fetus und Neugeborenen dagegen die einzig vorkommende. Sie ist ausgezeichnet 1. durch den Mangel gut ausgeprägter Lamellen; 2. durch das Vorkommen großer unregelmäßiger Knochenzellen, und 3. durch die sehr zahlreichen und zum Teil sehr starken Sharpeyschen Fasern.

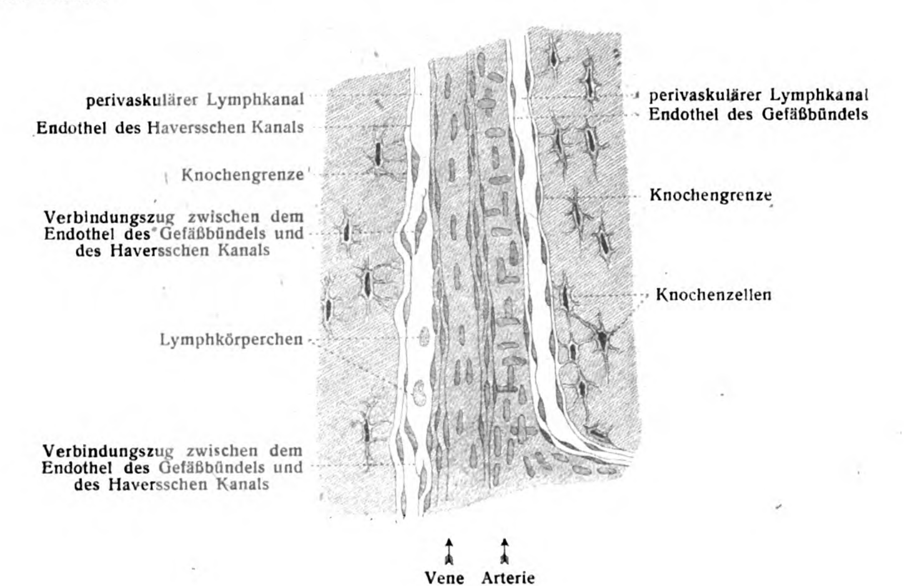


Fig. 8.

Inhalt eines Haversschen Kanals. Längsschnitt durch den Hammer des Menschen.

Von den Beziehungen der Form des Knochengewebes und der Knochen zur Festigkeit wird an späterer Stelle die Rede sein.

Das spezifische Gewicht der frischen Compacta beträgt 1,9304.

Über die chemischen Verhältnisse ist folgendes zu sagen.

Das frische Knochengewebe enthält eine ansehnliche Menge Wasser. Dies ist leicht verständlich, wenn wir bedenken, daß die kompakte Substanz nur scheinbar eine solche ist. In Wirklichkeit ist sie eines der feinporigsten Gebilde. Man erinnere sich der zahllosen Knochenhöhlen, in welchen die wasserhaltigen Knochenzellen liegen, der noch überaus zahlreicheren Knochenkanälchen, in welchen die Zellfortsätze enthalten sind, der vielen Haversschen Kanälchen, in welchen Gefäße mit wasserhaltigen Flüssigkeiten ihren Verlauf nehmen, und man sieht, daß das frische Knochengewebe eine ansehnliche Menge Wasser enthalten muß. Setzt man ein Stück frischer Compacta der Luft aus, so trocknet es bald aus, und Luft dringt in das Labyrinth aller jener Räume ein. Man benutzt diese Luftinjektion trockener Knochen vielfach als Untersuchungsmittel. Doch kann man auch mit farbigen Flüssigkeiten injizieren. Starkes Austrocknen wirkt sogar ein wenig auf die Form des ganzen Knochens und ganzer Knochenkomplexe ein, so besonders auf die Form des Schädels, welche dadurch gewisse Veränderungen erfährt. Trockene Knochen enthalten ungefähr $^2/_3$ anorganische Verbindungen und $^1/_3$ organische Substanz. Letztere ist überwiegend das uns bereits bekannte Ossein, der Knochenknorpel, welcher aus Kollagen besteht und beim Kochen Leim gibt.

Nach Zaleskys Untersuchungen ergeben folgende Zahlen Art und Menge der anorganischen Substanz im menschlichen Knochen, in Prozenten der Gesamtasche ausgedrückt:

CaO	MgO	P_2O_5	CO_2	Cl	Fl
52,83	0,48	38,73	5,73	0,18	0,47.

Eine Analyse der Rinderknochen ergab fast übereinstimmende Zahlen:

52,83	0,47	39,89	6,20	0,20	0,62.

Außer den oben genannten anorganischen Bestandteilen sind nach Cossa noch Spuren von Cer, Lanthan und Didym in den Knochen vorhanden.

Nach Fremys Untersuchungen ist das Verhältnis zwischen dem verbrennlichen und dem feuerbeständigen Teil der Knochen in allen Lebensaltern nahezu dasselbe. Bei einem weiblichen Fetus nämlich betrug die organische Substanz in Prozenten 37,0, bei einer Greisin von 97 Jahren 35,1, beim Neugeborenen 35,2.

Die Eigentümlichkeiten des Knochengewebes bringen es mit sich, daß Knochen, und ebenso Zähne, Jahrtausende überdauern können, ohne besonders günstig verwahrt zu sein.

Die allmähliche Zerstörung der organischen Substanz bedingt den Vorgang der Verwitterung: der Knochen wird mürbe und zerfällt zu Staub. Die Aufnahme von mineralischen Bestandteilen in Knochen, welche in feuchter Erde oder im Wasser liegen, bedingt den Vorgang der Versteinerung oder Petrifikation.

Es fehlt jetzt noch ein wichtiges Glied für das Verständnis des Knochengewebes; es ist die Kenntnis seiner Entwicklung.

3. Entstehung des Knochens, Osteogenese.

Knochen kann auf mehrfache Weise entstehen: nämlich:

a) im Bindegewebe: endesmale oder intermembranöse Osteogenese; ihr Erzeugnis ist der desmale oder Bindegewebsknochen;

b) an der Außenfläche von knorpligen Organen, durch Vermittlung des Perichondrium: perichondrale Osteogenese; ihr Erzeugnis ist der perichondrale Knochen. Perichondrium, welches an seiner Innenfläche bereits jungen Knochen erzeugt hat, wird im Umfang dieses Knochens zum Periost. Die weitere Fortbildung des Knochens übernimmt jetzt das Periost. Perichondrale und periostale Osteogenese hängen also miteinander zusammen, sie folgen zeitlich aufeinander;

c) im Innern von knorpligen Organen, durch Vermittelung des Perichondrium, welches gefäßhaltige Fortsätze in das Innere des Knorpels

sendet: enchondrale Osteogenese. Sie erzeugt den enchondralen Knochen. Peri- und enchondrale Osteogenese stehen einander nahe; die ins Innere des Knorpels vorgedrungenen Teile des Perichondrium betätigen sich in gleicher Weise wie die außenliegenden. Nur der Konflikt mit dem Knorpel und die mögliche Teilnahme des Knorpels machen die enchondrale Osteogenese zu etwas Besonderem;

d) durch einfache Umbildung von Knorpelgewebe in Knochengewebe: metaplastische Ossifikation (nach der Bezeichnung von Strelzoff).

Die ersten drei Formen sind als neoplastische Formen der Ossifikation zu bezeichnen. Sie beruhen sämtlich auf der Tätigkeit von bestimmten Zellen, Osteoblasten (Gegenbaur 1864). Man kann sie daher zusammenfassend als Ossifikation durch Osteoblasten der metaplastischen Ossifikation gegenüberstellen.

Bindegewebsknochen nennt man auch häufig sekundären, den peri- und enchondralen Knochen primären Knochen.

a) Endesmale Osteogenese. Figg. 10—12.

Die Grundlage, auf welcher die Knochenbildung erfolgt, ist Bindegewebe. Die Kittsubstanz zwischen den einzelnen Bindegewebsfasern verkalkt (Figg. 10, 11). An diese legen sich junge Bindegewebszellen an, übernehmen die Rolle der Knochenbildung und führen daher mit Recht den Namen Osteoblasten. Sie sind anfangs spärlich, entsprechend der Kleinheit der jungen Knochenanlage oder des Knochenkerns, Ossifikationskern, wie man die Anlage nennt. Mit Ausdehnung der Anlage auf größere Flächen und Dicken nimmt aber ihre Zahl außerordentlich zu, so daß sie einer neben dem andern, epithelähnlich (Fig. 12) angeordnet sind.

Die Tätigkeit der Osteoblasten macht sich in erster Linie dadurch geltend, daß einzelne oder eine ganze Reihe durch ihr Protoplasma eine Substanz abscheiden, welche dazu dient, von Strecke zu Strecke einen Osteoblasten gänzlich zu umschließen und von der unmittelbaren Verbindung mit den übrigen abzudrängen. Bei der Absonderung dieser Substanz entsendet das Protoplasma jedoch sogleich feine Fortsätze in dieselbe, wodurch bewirkt wird, daß ein (transitorischer) Zusammenhang der Osteoblasten untereinander besteht und die ausgeschiedene Masse kanalisiert wird. Letztere beginnt alsbald damit, nicht allein die Fibrillenbildung zu vollziehen, deren Endstadien wir bereits kennen, sondern auch Kalksalze aufzunehmen, so daß nunmehr ein Teil der Osteoblasten gleichsam eingesargt worden ist. Man vergleiche in dieser Hinsicht Fig. 12, in welcher zwei Osteoblasten schon beinahe vollständig im Knochengewebe liegen.

In anderer Weise schildert v. Korff (Merkel u. Bonnet, Ergebn. d. Anat., Bd. XVII, 1907) die Tätigkeit der Bindegewebszellen und der Osteoblasten bei der Entstehung des Bindegewebsknochens. Die erste Anlage des Knochenbälkchens besteht aus den Bindegewebsfibrillen, welche wahrscheinlich von den umliegenden Bindegewebszellen gebildet werden, sich dann aber selbst weiter vermehren durch Spaltung oder Teilung (primäres Stadium der Osteogenese). Das sekundäre Stadium der Osteogenese ist gekennzeichnet durch folgende Vorgänge. Zwischen den Fibrillen tritt eine homogene, wahrscheinlich von den anliegenden Zellen erzeugte Interfibrillarsubstanz auf, welche die Fibrillen verdeckt (maskiert). Die anliegenden Zellen sind zu Osteoblasten geworden; sie haben ihren Charakter geändert, denn sie bilden keine Fibrillen mehr, sondern regulieren den Stoffwechsel (Figg. 10, 11). Die Kalksalze schlagen sich in der Interfibrillarsubstanz nieder infolge eines chemischen Vorganges, sie werden nicht, wie Spuler und Studnicka es annehmen, durch die Tätigkeit der Osteoblasten geliefert. — Eine im wesentlichen hiermit übereinstimmende Darstellung gibt Mollier auf Grund der Präparate seiner Schülerin Hartmann (Mollier, Über Knochenentwicklung. Sitzber. Ges. Morph. Phys. München 1910.)

Das Flächenwachstum einer jungen Knochen-Anlage geht nach allen Seiten, mit radiärer Ausstrahlung und Verästelung, indem immer neue Gebiete in denselben Vorgang hineingezogen werden, welcher den allerersten Ausgang bildete. Gewisse Verschiedenheiten in der Form der ganzen Anlage werden bedingt von der Form des einzelnen Knochens, welcher gebildet werden soll. Fig. 9 zeigt das Oberflächenbild einer Scheitelbeinanlage von einem 12 wöchigen Fetus.

Das Dickenwachstum zeigt wichtige Besonderheiten. Von beiden Oberflächen der jungen Scheitelbeinanlage erheben sich Fortsätze und Leisten, welche bis zu einer gewissen Höhe wachsen, immer durch die fortgesetzte Tätigkeit neuer Osteoblasten. Es sind dies vertikale Fortsätze und Leisten.

Ist eine gewisse Höhe erreicht, so sprossen aus den Leisten Nebenleisten in horizontaler Richtung hervor, welche mit anderen derselben Art stellenweise zusammentreffen. So wechseln vertikale und horizontale Leistenbildung miteinander ab und dadurch werden kleinere und größere, miteinander zusammenhängende Hohlräume umschlossen, in denen vor allem Blutgefäße verlaufen, welche der Anlage Nahrung zuführen. Nach einer gewissen Zeit hört die Ausbildung neuer vertikaler Leisten auf, es werden Schicht um Schicht horizontale Leisten angelegt, und der Knochen ist im wesentlichen fertig. Schöne Präparate der verschiedenen Stufen dieses Wachstums, bei welchem, wie beim wachsenden Epithel, das starke Andrängen der Osteoblasten eine formende Rolle hat, geben so prachtvolle Bilder, wie sie nicht annähernd durch Zeichnung wiedergegeben werden können.

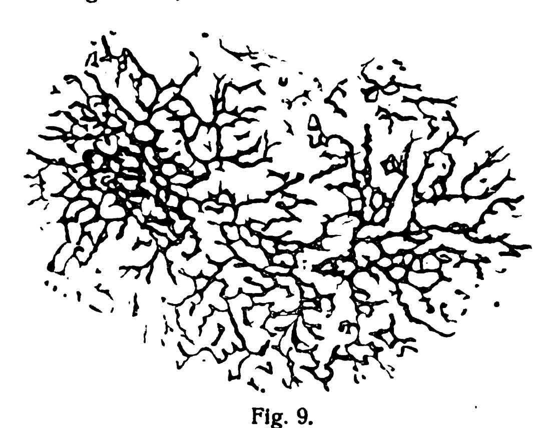


Fig. 9.
Scheitelbeinanlage von einem 12 Wochen alten Fetus. 18 : 1. (Nach Kölliker.)

Perichondrale und periostale Osteogenese. Figg. 13—16.

Bei der perichondralen und periostalen Form der Osteogenese findet die osteoblastische Tätigkeit bereits ein fertiges Organ vor, welches dem späteren Knochen an Gestalt ähnlich ist. Seine Oberfläche wird benutzt, um der osteoblastischen Energie zur Unterlage zu dienen. Dasselbe gilt von der enchondralen Osteogenese, welche ihre Bahnen im Inneren des vorgebildeten Knorpels verfolgt und also ebenfalls von dessen Form beherrscht wird.

Den Vorgang wollen wir nunmehr an dem präformierten Knorpel eines späteren Röhrenknochens untersuchen.

Der Ort, an welchem bei den Röhrenknochen die perichondrale Osteogenese beginnt, entspricht der hinsichtlich der Bruchsicherheit wichtigsten Stelle. Wo letztere liegt, geht aus der Betrachtung der Fig. 13 hervor. Daselbst ist vom Perichondrium ein röhrenförmiges Stück jungen Knochens bereits gebildet worden, welches, wie ein Ring gestaltet, das Mittelstück des Knochens darstellt. Eine Knochenscheide umfaßt und verstärkt die Mitte des Knochens, sie übernimmt die Stützfunktion und entlastet den Knorpel in zunehmendem Grade.

Schon bevor das Perichondrium an der genannten Stelle begonnen hat durch Osteoblasten auf der Oberfläche des Knorpels jungen Knochen zu bilden, erfährt der Knorpel eine Veränderung. Es lagern sich Kalksalze in seiner Grundsubstanz ab, es entsteht ein Verkalkungspunkt im Knorpel. Darauf folgt die Bildung der knöchernen Scheide. Sie verlängert sich allmählich, während die Verkalkung ebenfalls vorrückt.

Bei dieser dünnen Scheide hat es jedoch nicht sein Bewenden, sondern sie verdickt sich von einer frühen Stufe an in derselben Weise, wie es vorher von der endesmalen Osteogenese uns bekannt geworden ist. Das heißt, es treten radiale Fortsätze und Leisten auf, welche eine gewisse Höhe erreichen und gleich Strebebalken wirken; darauf kommen tangentiale oder konzentrische Leisten und Fortsätze an die Reihe, welche an benachbarte radiäre anstoßen und mit ihnen kleinere oder größere Räume hier vollständig, dort unvollständig umgreifen. Dann erheben sich wieder radiale, darauf folgen konzentrische Leisten mit Abgrenzungen von Räumen usw. Die Knochenanlage gewinnt so an Dicke und Stärke. Dieses Wachstum kann im ganzen Umfang des Knochens gleichmäßig stattfinden, oder exzentrisch, oder an zwei gegenüberliegenden Stellen. Die umschlossenen Räumchen haben aber eine große Bedeutung. In ihnen liegt perichondrales Gewebe mit Osteoblasten und Gefäßen, welche der Ernährung dienen. Sie sind nichts anderes, als die Anfangsstufen der uns längst bekannten Haversschen Kanälchen. Die Räume zwischen den Bälkchen der früher betrachteten Scheitelbeinanlage (Fig. 9) sind es auch. Sie gestalten sich

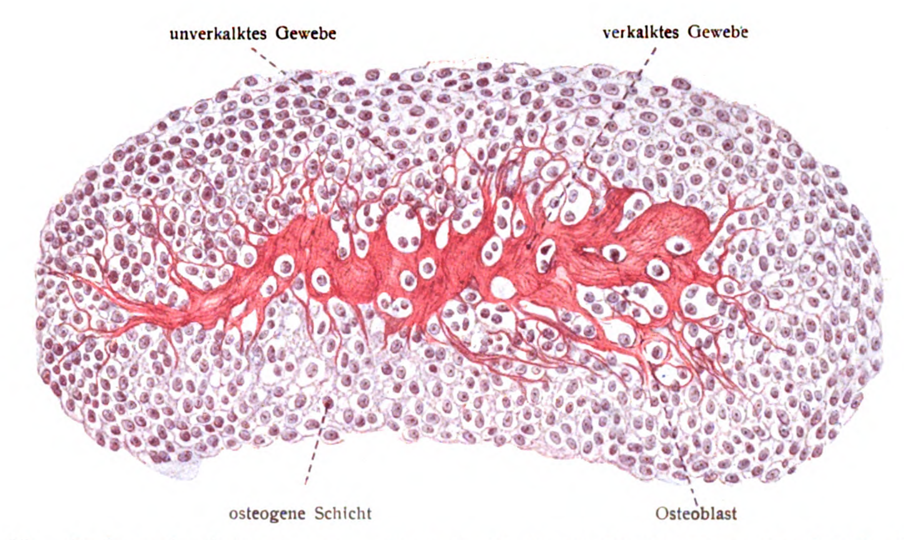


Fig. 10. Endesmale Osteogenese. Querschnitt durch die Diaphyse des Schlüsselbeins eines menschlichen Fetus von 6 Wochen. 250 : 1.

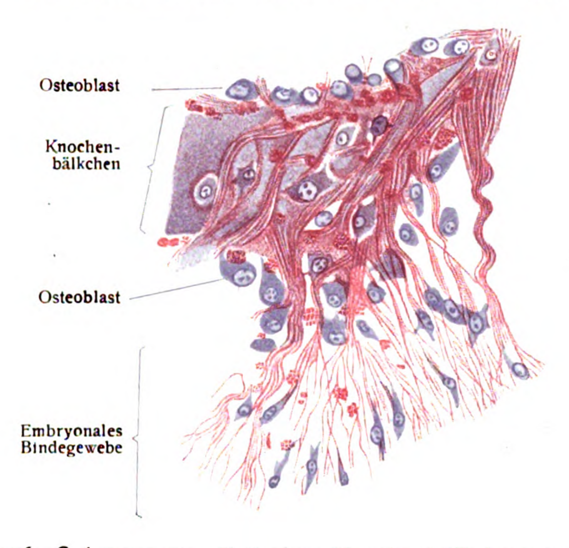


Fig. 11. Endesmale Osteogenese. Teil eines Knochenbälkchens vom Oberkiefer einer neugeborenen Katze. (v. Korff, 1907.) Bindegewebsfibrillen rot.

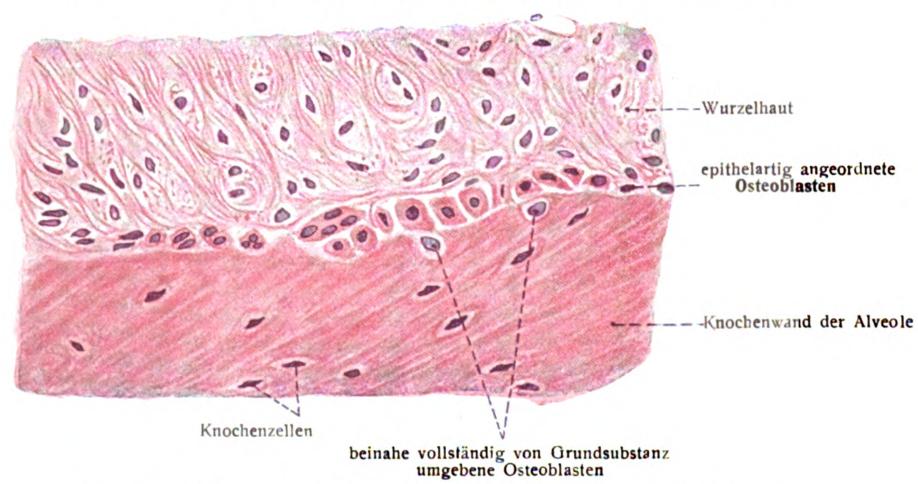


Fig. 12. Osteoblasten der Alveolenwand. Mensch. 300 : 1.

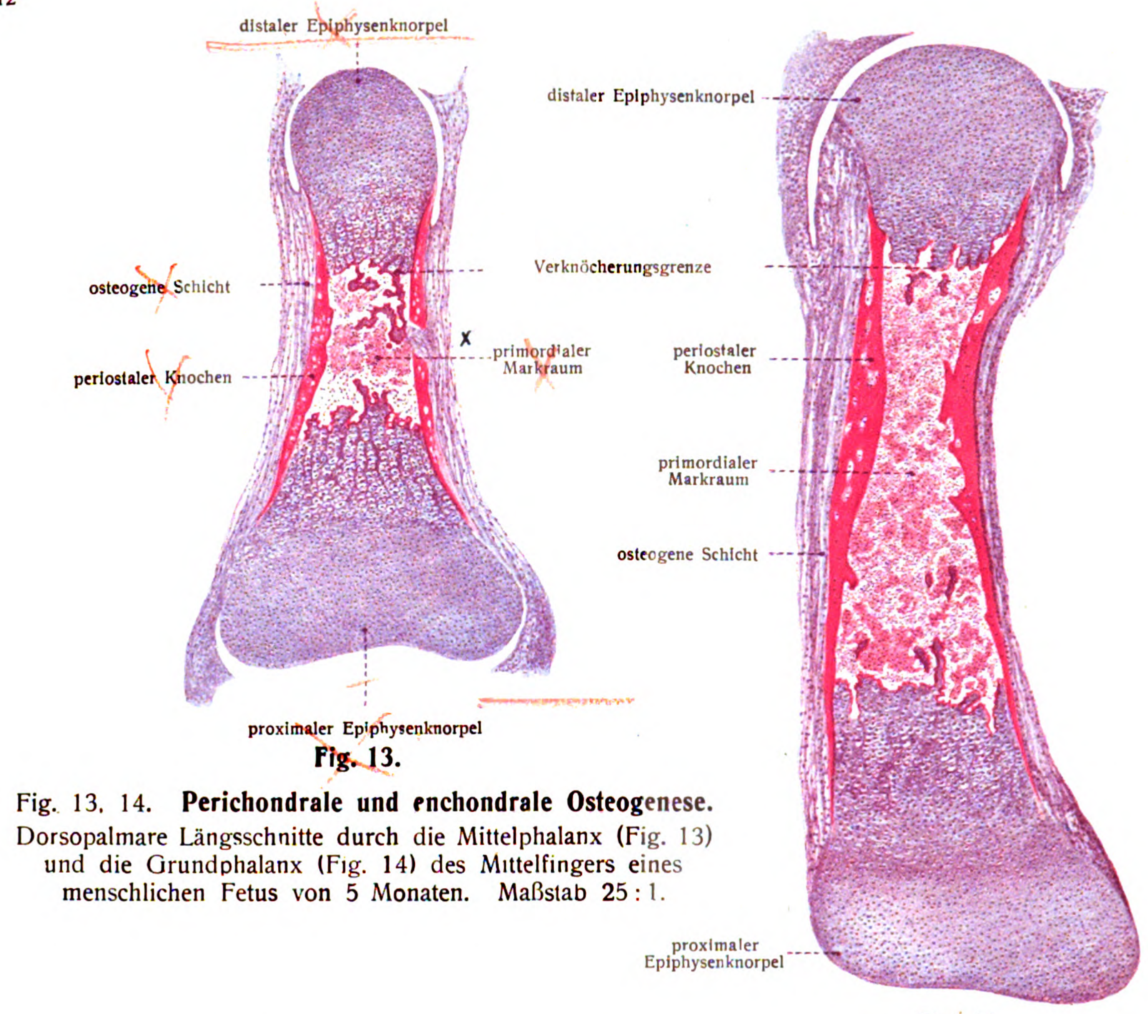


Fig. 13. 14. **Perichondrale und enchondrale Osteogenese.** Dorsopalmare Längsschnitte durch die Mittelphalanx (Fig. 13) und die Grundphalanx (Fig. 14) des Mittelfingers eines menschlichen Fetus von 5 Monaten. Maßstab 25 : 1.



Fig. 15. Perichondrale und enchondrale Osteogenese. Querschnitt vom Radius eines 5monatigen menschlichen Fetus 50 : 1.

später teilweise um in die großen Räume der sogenannten Diploë, welche indessen immerhin noch mit Haversschen Kanälen zu vergleichen sind.

Deutlicher noch sind diese grundlegenden Vorgänge zu übersehen an Fig. 15, einem Querschnitte durch einen Vorderarmknochen eines menschlichen Fetus. Man erkennt die radialen Leisten, welche durch konzentrische Leisten bereits miteinander in Verbindung gesetzt sind.

In der Fortsetzung der radialen Leisten, oder auch in der Mitte der tangentialen Leisten, das ist an der Zusammenflußstelle zweier tangentialer Leisten, erheben sich neuerdings radiale Leisten, welche sich an ihren Enden zum Teil schon wieder konzentrische Leisten entgegengeschickt haben. Man kann also radiale und konzentrische Leisten erster, zweiter, dritter usw. Ordnung unterscheiden. Endlich hört die Ausbildung neuer radialer Leisten auf, die konzentrische Auflagerung wirkt noch eine Zeitlang fort, und die äußeren Grund- oder umfassenden Lamellen des Knochens sind gebildet. So verläuft der Vorgang im Schema, welches uns also in den Stand setzt, den Aufbau der Compacta leicht zu konstruieren und zu durchblicken. Wir werden alsbald erfahren, daß es nicht so rasch zur Ausbildung von umfassenden Lamellen zu kommen braucht. Die Ausbildung umfassender Lamellen kann örtlich sogar ganz unterbleiben; Resorptionsvorgänge können an Stärke mit dem Dickenwachstum wetteifern. Dennoch bleibt das Prinzip des Dickenwachstums gewahrt. Mit überraschender Einfachheit ist auf solche Weise ein tragfähiges, fein gegliedertes mächtiges Balkenwerk zustande gekommen. Die noch weiten Haversschen Kanälchen verengern sich allmählich durch konzentrische neue Knochenablagerung.

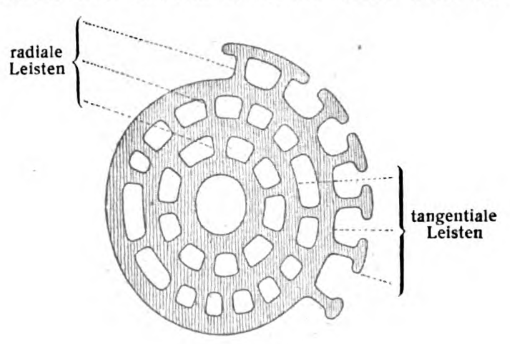


Fig. 16.
Schema der konzentrischen (tangentialen) und radialen Leisten bei der **periostalen Knochenauflagerung.**

So kann man theoretisch einen dicken periostalen Knochen aus seinen architektonischen Elementen konstruieren. Fig. 16.

Hiermit haben wir die perichondrale und periostale Form der Osteogenese bereits kennen gelernt. Sie stellt wie die endesmale eine ursprüngliche Form der Osteogenese dar und findet sich in der angegebenen Weise bei Fischen, z. B. beim Stör (Gegenbaur). Der Knorpel bleibt bei diesen Tieren erhalten und wird durch eine Knochenscheide verstärkt.

Auch bei einem Teil der Amphibien ist die perichondrale Form der Osteogenese die herrschende. Der Knorpel aber kann im weitem Umfang durch Knochenmark ersetzt werden.

Bei anderen Amphibien und Reptilien beginnt die enchondrale Osteogenese hinzuzutreten. Mit letzterer Form haben wir uns nunmehr zu beschäftigen.

c) Enchondrale Osteogenese. Figg. 13—15, 17, 18.

Die enchondrale Osteogenese ist dadurch gekennzeichnet, daß von dem Perichondrium (Periost) aus zapfenartige, Gefäße enthaltende Vorsprünge gegen das unterdessen verkalkte Knorpelgebiet vordringen. Die tiefste zellenreiche Schicht des Perichondrium, welche man die osteogene Schicht zu nennen pflegt, ist an der Bildung jener Zapfen ebenso beteiligt, wie die in ihm enthaltenen Gefäße. Hierdurch gelangen die beiden wichtigsten Teile des Perichondrium stückweise in das Innere des Knorpels. Man kann die ganze implantierte Masse mit Recht nunmehr Endochondrium nennen, die Zapfen aber endochondrale Zapfen.

Vor den andrängenden endochondralen Zapfen schmilzt das Knorpelgewebe mehr und mehr dahin. Es entsteht dadurch in dem Mittelteil des Skeletstückes, welcher von der perichondral gelieferten Knochenscheide umgeben ist, ein ansehnlicher Raum, der primordiale Markraum von Strelzoff, welcher das primordiale Mark, d. h. die gewucherte, implantierte Masse, das Endochondrium mit seinen Gefäßen, enthält. Die endochondralen Zapfen dringen nun in gewissen Abständen voneinander nach beiden Enden des Knorpels vor, eröffnen die blasig gewordenen Knorpelhöhlen und lassen nur dünne verkalkte Sparren von Knorpelgrundsubstanz zwischen sich stehen, welche die Form von zackigen Fortsätzen haben. An diesen Sparren und Blättern, welche auf dem Querschnitt untereinander zusammenhängen, beginnt alsbald die osteoblastische Tätigkeit der

zwischenliegenden weichen, gefäßhaltigen, endochondralen Zapfen. Es lagern sich Osteoblasten an sie an, umhüllen sie ringsum und entfalten ihre uns schon bekannten Kräfte. So erhält jeder verkalkte Knorpelbalken eine dünne Rinde junger Knochensubstanz, welche sich allmählich verdickt. Immer weiter aber dringen die endochondralen Zapfen in der Längsrichtung des Knorpels in zwei entgegengesetzten Scharen oder Kolonnen vor, und der Knorpel schwindet vor ihnen dahin. Die äußere Grenze der beiden endochondralen Zapfenreihen, welche sich dem Angegebenen zufolge immer weiter gegen die beiden Enden des Skeletstückes vorschiebt, führt den Namen Ossifikationsgrenze. Die beiden noch knorpeligen Endstücke des Skeletstückes heißen Epiphysenknorpel, das Mittelstück Diaphyse. Die Ossifikationsgrenze rückt also immer weiter gegen die Epiphysenknorpel vor, ebenso die Verkalkung des Knorpels in der Umgebung der Ossifikationsgrenze. So verlängert sich das in der Verknöcherung begriffene Mittelstück oder die Diaphyse zusehends.

Wäre nun kein Gegenvorgang vorhanden, so würden die beiden Epiphysenknorpel in kurzer Frist von der fortschreitenden Ossifikationsgrenze durchschritten und ebenfalls dahingeschwunden sein. Aber in demselben Maße entfaltet der Knorpel jenseits der verkalkten Ossifikationsgrenze ein ungeheueres Längenwachstum. Er flieht gewissermaßen vor der ihn verfolgenden Ossifikationsgrenze, sucht sich selbst zu erhalten und überläßt ihrem Nachsetzen nur so viel, als er ihr nicht entziehen kann. Knorpel und Knochenanlage liegen hier im Kampf miteinander; ersterer ist der Verfolgte, letzterer der Verfolger.

Dieses starke Längenwachstum des Knorpels jenseits der vorrückenden Ossifikationsgrenze dauert viele Jahre; viele Jahre hält auch das Vorrücken der Ossifikationsgrenze an und die damit Hand in Hand gehende Verlängerung des Mittelstückes, der Diaphyse. So wächst das Skeletstück in die Länge. Aus einer ursprünglich sehr kleinen Anlage werden so jene gewaltigen Knochenlängen hervorgebracht, wie wir sie an den großen Röhrenknochen vorfinden. Das starke Längenwachstum des oder der Epiphysenknorpel ist die Ursache dieser Zunahme. Bleibt das Längenwachstum des Epiphysenknorpels aus, erreicht es frühzeitig sein Ende, wird es unterdrückt oder wird der Epiphysenknorpel jederseits experimentell ausgeschnitten, so ist damit für die Knochenanlage alle Möglichkeit verloren, sich zu verlängern, sie bleibt kurz, es ist ihr nicht mehr zu helfen.

Ist das Längenwachstum des Epiphysenknorpels so stark, so muß es sich notwendigerweise auch durch Eigentümlichkeiten im Knorpelgewebe ausprägen. In der Tat haben sich lebhafte mitotische Teilungen der Knorpelzellen in einem Gebiet nachweisen lassen, welches jenseits der Verkalkungsgrenze liegt (Retzius).

Wenn der Knorpel so rapid und unausgesetzt in die Länge wächst, so muß noch eine andere Erscheinung sich daran knüpfen. Die Knorpelzellen müssen sich in Längsreihen gestellt vorfinden, wie es dem raschen Längenwachstum und den infolgedessen vorhandenen raschen Querteilungen der Zellen entspricht. Dieses Verhältnis prägt sich aus in dem prachtvollen sogenannten Richtungsphänomen der Knorpelzellen, wie es in Fig. 18 in einem Stück der Verknöcherungszone uns entgegentritt. Die Knorpelzellensäulen und zwischen ihnen die Längsbalken der Grundsubstanz des Knorpels sind deutlich erkennbar. In dem vorliegenden Bereich ist die Interzellularsubstanz bereits verkalkt. Die Zellen in den Knorpelhöhlen verlieren in der Verkalkungszone mehr und mehr ihre Lebensfähigkeit. Sie werden hydropisch und sind dem Zerfall nahe. Die endochondralen Zapfen und ihre Blutgefäße haben keinen großen Widerstand mehr zu überwinden. Sie eröffnen die Knorpelhöhlen und dringen in deren Räume vor, der Bahn der Zellensäulen folgend, während die Balken der Grundsubstanz als „Richtungsbalken der Verknöcherung" erhalten bleiben und der späteren Anlagerung von Osteoblasten dienen. Es scheint übrigens auch vorzukommen, daß die hydropischen Knorpelzellen selbst sich an der Eröffnung der Knorpelhöhlen beteiligen können und dadurch den endochondralen Zapfen den Weg bahnen.

Bisher war nur von dem Längenwachstum der Epiphysenknorpel die Rede; es fehlt auch nicht an einem, freilich viel weniger ausgesprochenen Dickenwachstum; denn der Epiphysenknorpel hat schließlich jene Dicken zu erreichen, wie sie uns an so vielen großen Gelenkköpfen entgegentreten. Blicken wir zurück, so haben die bisher betrachteten Vorgänge ein Skeletstück zustande gebracht, welches an seinem Mittelteil knöchern, an den beiden Endstücken aber noch knorpelig ist. Das Mittelstück ist teilweise durch perichondrale und periostale, teilweise durch endochondrale Osteogenese ausgebildet worden. Die Binnenräume des Mittelstückes enthalten junges Knochenmark mit Blutgefäßen.

Die Erzeugnisse der peri- und der endochondralen Osteogenese lassen sich lange Zeit hindurch sehr leicht auseinanderhalten. Man betrachte in dieser Hinsicht die Verhältnisse der Fig. 15, welche aus dem Angegebenen im ganzen und im einzelnen richtig beurteilt werden kann. Die violetten axialen Linien und Netze im enchondralen Gebiet sind nichts anderes, als verkalkte Grundbälkchen des verdrängten Knorpels. Sie sind von einem hier rot gefärbten Belag jungen Knochens umgeben.

Nach den bisher betrachteten Beispielen könnte man glauben, die endochondrale Form der Osteogenese trete nur als eine Begleiterin der perichondralen Osteogenese auf. Sie macht sich aber nicht nur als Begleitform geltend, sondern kann ganz selbständig auftreten, ja von der perichondralen sogar gefolgt werden.

An kurzen Knorpeln, ebenso an einem oder an beiden Epiphysenknorpeln, welche sich gleich kurzen Knorpeln verhalten, tritt die enchondrale Form der Osteogenese ganz selbständig auf.

In einem solchen kurzen Knorpel dringen vom Perichondrium aus gefäßhaltige Fortsätze, die uns schon bekannten endochondralen Zapfen, in das Innere des Knorpels, welcher einen Verkalkungspunkt erhält. Diesem letzteren gegenüber verhalten sich die endochondralen Zapfen ebenso, wie wir es vom Mittelstück des knorpelig präformierten Röhrenknochens bereits kennen. Begreiflicherweise nimmt aber hier die junge Knochenanlage ein um ein Zentrum gelegenes strahliges Gefüge an. So liegt mitten im Knorpel ein anfänglich kleiner, bald sich vergrößernder strahliger Knochenkern oder Ossifikationspunkt.

Hat ein Epiphysenknorpel oder haben beide Epiphysenknorpel eines Röhrenknochens je einen solchen Knochenkern erhalten, so liegt zwischen diesen und dem großen langgewachsenen Knochenkern der Diaphyse noch lange Zeit ein trennendes Knorpelstück, welches den Namen Epiphysenknorpel beibehält und, wie beschrieben, das fernere Längenwachstum zu besorgen hat. Der Größe des Diaphysenkernes gegenüber erscheinen die Epiphysenkerne, so wichtig sie sind, als Nebenkerne. Außer diesen beiden Kernarten können in der Folge noch accessorische Knochenkerne auftreten, wie es zur Vollendung der Endform erforderlich ist. Über die Anzahl, Lage und besonderen Verhältnisse der Kerne jedes einzelnen Skeletstückes wird erst an späterer Stelle zu handeln sein, ebenso über die Verschmelzung der einzelnen wachsenden Knochenkerne zu einem Ganzen.

Peter, K., Die Darstellung der Entwicklung der Knochen. Anat. Anz. 53 Bd. 1921.

d) Chondrometaplastische Osteogenese.

Während in früherer Zeit die Ansicht herrschte, daß der bei der enchondralen Osteogenese entstehende Knochen aus einer Umwandlung der Knorpelzellen in Knochenzellen hervorgehe, oder auch daß die Knorpelzellen durch Teilung das primäre Mark lieferten und bei der Knochenbildung wiederum verwendet würden, findet diese Ansicht jetzt kaum mehr Anhänger. Der erste, welcher behauptete, daß der Knorpel für die Knochenbildung nur eine provisorische Bedeutung habe, war Sharpey.

Indessen ist von verschiedenen Seiten Beobachtungsmaterial gesammelt worden, welches dafür spricht, daß unter gewissen Umständen und an bestimmten Orten auch eine wirkliche Umwandlung der Knorpelzellen in Knochenzellen sich vollzieht. So ist es nach Kölliker der Fall bei rhachitischen verknöchernden Diaphysen. Wie Pflanzenzellen bei der Verholzung, so verhalten sich hier Knorpelzellen und Knorpelkapseln bei der Verknöcherung. Hierher gehören ferner Beobachtungen am wachsenden Geweih von Rehen und Hirschen (Lieberkühn, Kölliker); die Verknöcherung der Clavicula und des Stirnzapfens der Rinder (Gegenbaur); gewisse Teile des Unterkiefers und der Röhrenknochen von Embryonen des Schafes und des Kaninchens.

4. Wachstum des Knochens.

Aus der Betrachtung der Entwicklung des Knochens hat es sich bereits ergeben, auf welchen Vorgängen das Längen- und Dickenwachstum der jungen Knochenanlage bei den verschiedenen Formen der Osteogenese beruht. Es findet eine beständige An- und Auflagerung neuer Knochensubstanz durch Osteoblasten statt, sei es in der Richtung der Länge oder der Dicke. Eine Expansion schon gebildeten Knochengewebes, etwa durch Teilung von Knochenzellen, findet nicht statt. Das Wachstum ist ein appositionelles, kein interstitielles oder intussusceptionelles. Selbst bei der metaplastischen Form ist dies nicht anders. Das einmal gebildete Knochengewebe ist viel zu hart als daß es durch Auseinanderweichen seiner Teile wachsen könnte.

Vergleichen wir aber einen fetalen oder kindlichen Knochen, soweit er aus Knochengewebe besteht, mit seiner Endform beim Erwachsenen, so nehmen wir alsbald wahr, daß Apposition allein nicht zum Ziele führen kann. Der Querschnitt des Mittelstückes vom Schenkelbein eines Neugeborenen läßt sich in den Querschnitt der Markhöhle des Schenkelbeines vom Erwachsenen hineinlegen. Wie könnte Apposition allein die Endform zustande bringen?

In der Tat hat es sich ergeben, daß zwar die Apposition den endlichen Aufbau zustande bringt, daß dies aber nur geschehen kann und geschieht unter gewaltigen Resorptionsvorgängen. Im Inneren der jungen Knochen und an ihrer Außenfläche finden lange Zeit hindurch normale weitgehende Zerstörungen von schon gebildetem Knochengewebe statt, welche man Resorptionen nennt. Für die einzelnen Knochen geschieht dies, wie durch Kölliker in umfassender Weise gezeigt worden ist, in bestimmter Weise. Es eröffnet sich damit ein neues großes Gebiet, dessen Kenntnis für das volle Verständnis der einzelnen Knochen unbedingt erforderlich ist.

Nur mit seiner Kenntnis kann das fertige Knochengewebe wirklich verstanden werden; denn am fertigen Knochen finden sich natürlich Spuren alter Resorptionen, am wachsenden Knochen aber die Merkmale der vor sich gehenden Resorption. Um zunächst im ganzen kenntlich zu machen, wie ausgedehnt die Resorptionen und die daran geknüpften Architekturumwälzungen sind, ist darauf hinzuweisen, daß z. B. der Oberschenkelknochen eines dreijährigen Kindes nichts oder fast nichts mehr von der Knochensubstanz des Oberschenkelbeins des Neugeborenen enthält (v. Kölliker). Nach dieser Zeit hören aber die Resorptionsvorgänge so wenig auf, wie diejenigen der Apposition. So kann man nicht ohne Grund behaupten, der fertige Knochen sei bis zu einem gewissen Grad eher eine Art Breccie, als ein einheitliches Gebilde; er sei ein aus verschiedenen Systemen zusammengebautes höchst merkwürdiges Ganzes.

Fragt man nach den Zeichen der vor sich gehenden Resorption, so ist zu erwähnen, daß überall, wo eine solche vorhanden ist, zwei Erscheinungen zutage treten: einmal Grübchen der Knochensubstanz, sogenannte Howshipsche Lakunen, sodann mehr oder weniger große vielkernige Zellen Osteoklasten (Fig. 19). Letztere Zellen, auch Riesenzellen, Myeloplaxen, genannt, verdienen bei der Frage der Knochenresorption die größte Beachtung; sieht man doch, daß da, wo sie liegen, das Werk der Zerstörung bereits begonnen hat. Sie gehören, gleich den Osteoblasten, zur Bindesubstanzgruppe, erscheinen aber als Antagonisten der Osteoblasten.

Am fertigen Knochen sind die Spuren vorübergegangener Resorptionen gerade an den Haversschen Lamellensystemen oft besonders deutlich bemerkbar. (Fig. 22). Bruchstücke, Trümmer, Reste nebeneinanderliegender Haversscher Systeme der verschiedensten Formen liegen hier in Menge neben und zwischen vollständig entwickelten und zeugen von den stattgehabten Vorgängen. Sehr oft ist von einem Haversschen Kanal aus ein Teil der Lamellen resorbiert, neugebildet, wieder teilweise resorbiert, noch einmal neu gebildet worden.

Nach W. Roux ist Druck kombiniert mit Abscherung der spezifische Bildungsreiz und zugleich der erhaltende Lebensreiz des hyalinen Knorpelgewebes. Der Knochen dagegen entsteht in dem dazu befähigten Blastem bei Einwirkung von Druck oder bei Wechsel von Druck und Zug, unter gleichzeitigem Schutz vor Abscherung.

Roux, W., Ges. Abhandlungen Bd. II, S. 228—232, Bd. I, S. 334, Zusammenfassung Bd. I, S. 810–812.

5. Regeneration des Knochens.

Knochenbrüche heilen unter günstigen Verhältnissen durch Bildung von Knochensubstanz zwischen beiden Bruchflächen. Bei Röhrenknochen von Tieren pflegt dabei die Bildung wahren Knorpels der Verknöcherung vorauszugehen, eine interessante Erscheinung, welche beim Menschen nicht konstant ist. Unter ungünstigen Verhältnissen tritt die Vereinigung durch fibröses Gewebe ein. Bei Substanzverlusten ist das Periost vor allem tätig, den vollen Ersatz zu leisten, insbesondere seine tiefste zellenreiche Schicht, welche man daher auch Keimschicht, Cambiumschicht, genannt hat. Ganz abgetrennte Perioststücke können, sogar nachdem sie an andere Körperstellen verpflanzt worden sind, bei Säugern wieder Knochen hervorbringen (Ollier). Wird das Periost geschont, so können sich bei Tieren ganze Knochen der Extremitäten und Rippen mit annähernder Rückkehr der Form wiedererzeugen. Ähnliche Fälle liegen beim Menschen vor, welche die Wiedererzeugung des Unterkiefers, der Rippen, des Schulterblattes usw. betreffen. Am leichtesten ersetzen sich Diaphysen der Röhrenknochen (Bier), seltener die schwammigen Knochen und Schädelknochen. Man erkennt hieraus vor allem die Bedeutung der osteogenen Schicht des

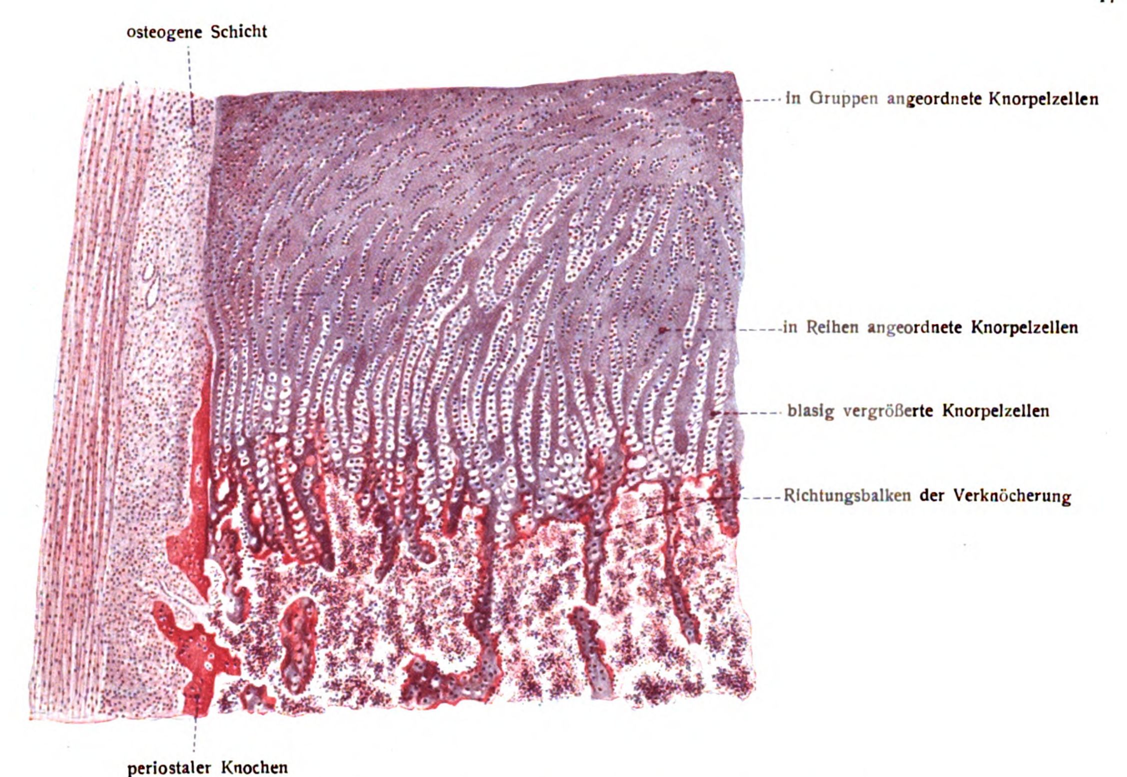


Fig. 17. Enchondrale Osteogenese. Stück der Verknöcherungsgrenze des Humerus eines menschlichen Fetus von 7 Monaten. 50:1.

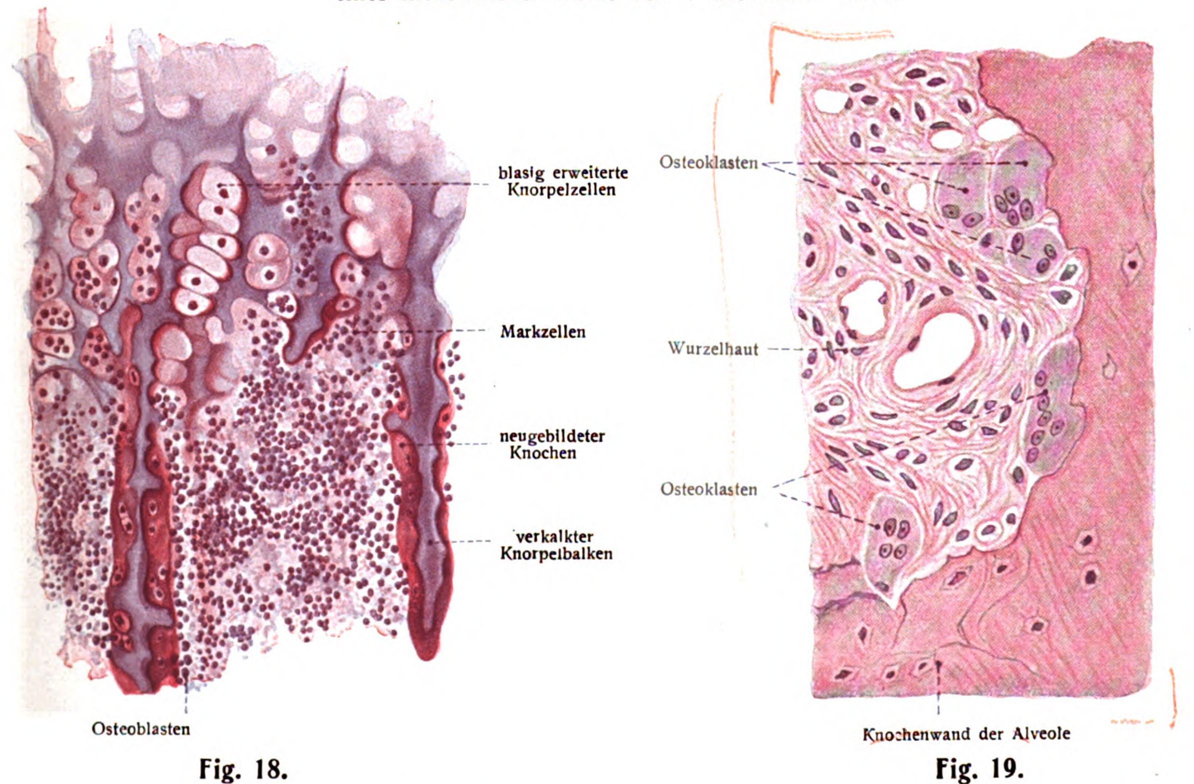


Fig. 18. **Enchondrale Osteogenese.** Ein Stück der Verköcherungsgrenzen der Fig. 17 stärker vergrößert. 150:1.

Fig. 19. **Osteoklasten** der Alveolenwand. Mensch. 300:1.

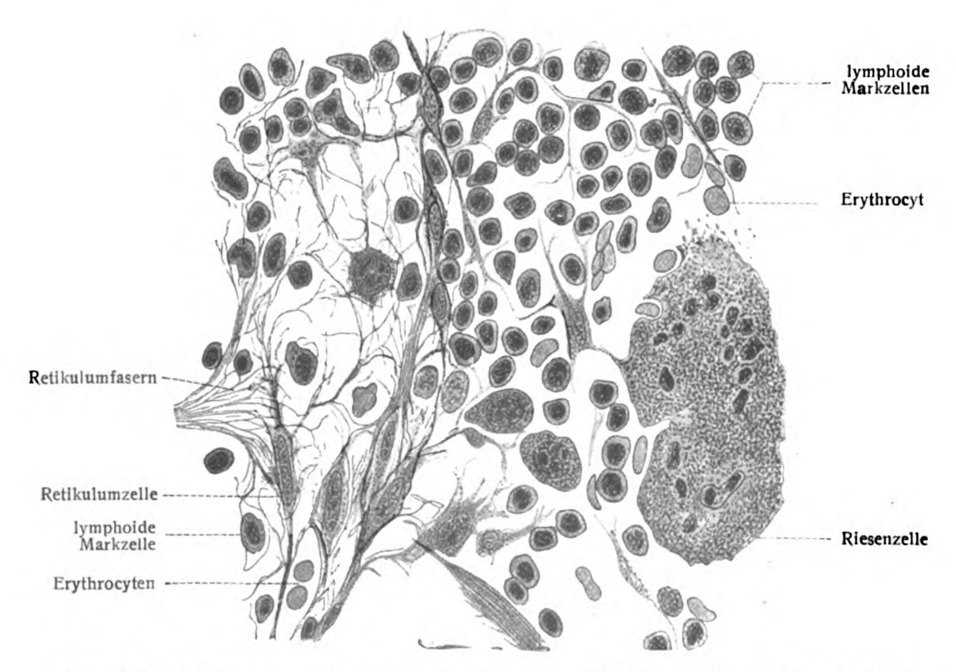


Fig. 20. Knochenmark (Katze, 3 Tage alt, Tibia). Retikulumfasern blau. (Nach Jackson). ca. 750 : 1.

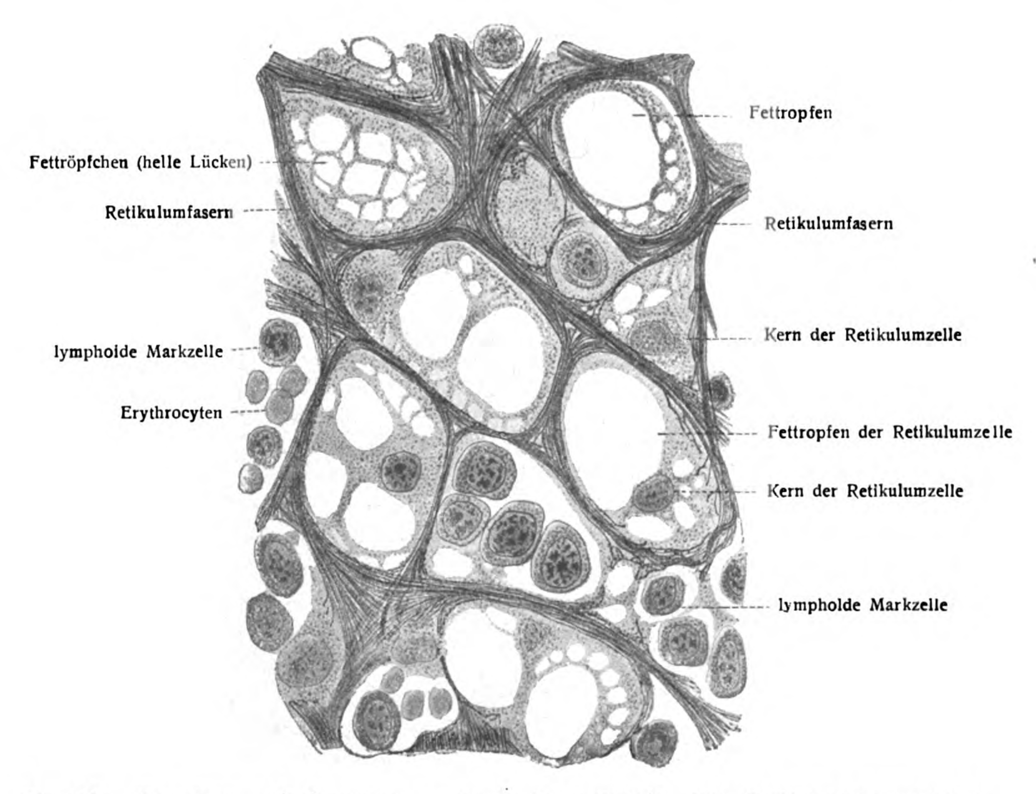


Fig. 21. Knochenmark (erwachsenes Kaninchen, Tibia). Die Retikulumfasern blau. (Nach Jackson.) ca. 750 : 1. Fett- und Faserbildung im Knochenmark.

Periosts, welche nach Substanzverlusten wieder in Tätigkeit tritt, obwohl sie vor dem vorausgegangenen Substanzverlust untätig geblieben war, ohne in ihrer bildenden Kraft erschöpft gewesen zu sein.

Nach Bonome sind trotz gründlicher Entfernung des Periostes und des Markes auch die Knochenzellen noch imstande, sich nach Auflösung ihrer verkalkten Grundsubstanz in Osteoblasten zurückzuverwandeln und neuen Knochen hervorzubringen; sie vermögen dies im günstigsten Fall, wenn sich aus der Umgebung schnell gefäßhaltiges Gewebe mit ihnen in Verbindung setzt und die Ernährung sichert. Die an Bruchflächen zunächst angrenzenden Schichten von Knochenzellen sollen nach demselben Autor immer untergehen. Das entfernte Periost bildet sich nicht wieder neu. Die Beteiligung des Markes bei der Knochenbildung ist zweifelhaft. Bei sehr jungen Tieren tritt nach Bidder eine sehr rege Knochenbildung auch in dem Mark ein. Bei alten Tieren dagegen hat das Mark diese Fähigkeit eingebüßt.

Knochen und Knorpel regenerieren sich bei den Urodelen nur von Knochen- und Knorpelzellen, nicht aber von irgend einem anderen Gewebe aus (A. Wendelstadt, 1901). Die Ulna regeneriert nicht den Radius, wohl aber bildet ein ausreichend verletzter Knochen in zentrifugaler Richtung die zu seinem System gehörigen Knochen neu, auch dann, wenn diese Knochen noch vorhanden, aber durch einen Substanzverlust von ihm getrennt liegen. Wie groß die Ausgiebigkeit zentripetaler Regeneration ist, bleibt noch zu untersuchen.

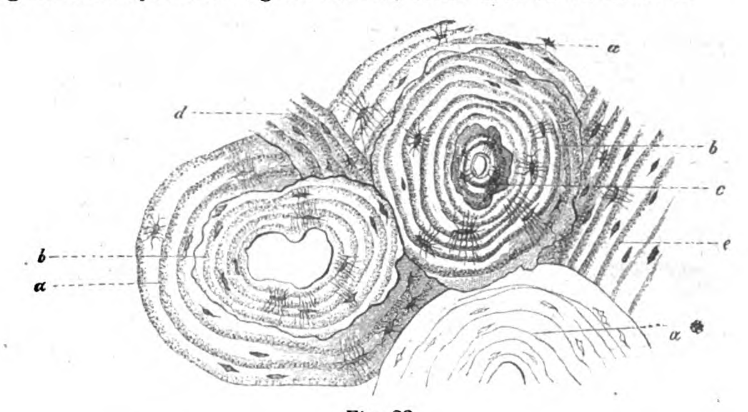


Fig. 22.

Knochenresorption an einer Phalanx des Menschen. Querschnitt.
*a** ein Haverssches Lamellensystem gewöhnlicher Art; *a, a* zwei andere, welche im Innern eine Resorption erlitten haben (*b, b*), und so Haverssche Räume bilden, die von neuen Lamellen gefüllt sind; *c* abermalige Resorption in einem solchen mit Ablagerung neuer Knochenmasse; *d* unregelmäßige Lamellen; *e* gewöhnliche interstitielle Lamellen.

Accidentelle Knorpel- und Knochenbildungen kommen häufig vor. Während Knorpel, wie schon erwähnt, sich nur schwer regeneriert und seine Wunden häufig nur durch fibröses Gewebe, seltener auch durch Knochenbildung heilen (wie bei Verletzungen der Rippenknorpel), so tritt Neubildung von Knorpel accidentell (als sogenanntes Enchondroma) in vielen Organen auf (Milchdrüse, Ohrspeicheldrüse, Hoden, Lunge, Haut, Knochen). Accidentelle Knochenbildung tritt auf als Verknöcherung permanenter Knorpel, z. B. des Schildknorpels, als Verknöcherung von Sehnen, als Knochenbildung an der harten Hirnhaut, am Auge, im Eierstock, in der Lunge, in Muskeln usw.

Bier, August, Beobachtungen über Regeneration beim Menschen. Deutsche med. Wochenschrift. 1917. Nr. 46—48.

6. Die Beinhaut und die Knorpelhaut.

Die Beinhaut, Periosteum, ist eine fibröse Haut, welche den Knochen allseitig umgibt, ausgenommen die Gelenkknorpel und viele Muskelansätze. Sie ist bald dicker, bald dünner, an manchen Orten mit darüberliegender Schleimhaut zu einem Ganzen verbunden. Sie läßt sich von ihrer Unterlage ziemlich leicht abheben. Fig. 23.

Die mikroskopische Betrachtung zeigt, daß sie in der Regel aus zwei Schichten besteht, einer äußeren fibrösen, welche aus verflochtenen Bindegewebsbündeln und elastischen Fasern zusammengesetzt ist, und einer inneren generativen. Letztere ist zarter, zeigt feinere Fibrillenbündel, reichliche elastische Fasern und zahlreiche Zellen, welche zu dichten Lagern gehäuft sein können. Sie kann beim Erwachsenen außer Osteoblasten auch Osteoklasten enthalten. Die generative Schicht spielt, in der Fortsetzung ihrer früheren Leistungen bei der periostalen Osteogenese, die wichtigste Rolle bei der Regeneration des Knochens im Anschluß an Knochenwunden und -verlusten und vermag neuen Knochen zu bilden, auch wenn sie durch Transplantation an andere Stellen versetzt worden ist. Vom Periost treten die Sharpeyschen Faserbündel in den Knochen ein. Das Periost ist aber auch der Träger zahlreicher Blutgefäße, Lymphgefäße und Nerven.

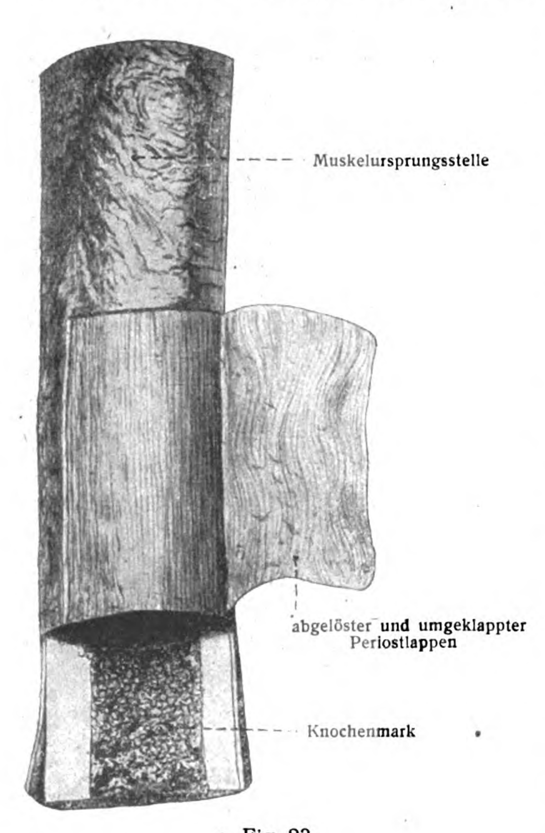


Fig. 23.
Beinhaut und **Knochenmark** am Mittelstück des Oberschenkelbeins. Ein Lappen der Beinhaut ist abgehoben und nach rechts umgeklappt.

Die Knorpelhaut, Perichondrium, ist, wie das Periosteum, eine derbe fibröse Haut. Sie kann ebenfalls leicht von ihrer Unterlage abgehoben werden.

Blutgefäße enthält das Periost in seinen beiden Schichten, die größeren in der fibrösen Schicht. An unzähligen Orten dringen sie vom Periost aus in das Innere des Knochens, durch die Gefäßkanäle (Volkmannsche, Haverssche und größere Kanäle). Größere Gefäße, welche in die Tiefe des Knochens ziehen und bis ins Mark gelangen, heißen Vasa nutricia, obwohl sämtliche zum Knochen tretende Gefäße diesen Namen verdienen. An den langen Knochen gibt es Vasa nutricia des Mittelstückes und in großer Anzahl solche der Gelenkenden.

Soweit die Gefäße des Knochens innerhalb der Knochensubstanz verlaufen, kann infolge der starren Umwandung eine Verengerung oder Erweiterung eines Gefäßes nur erfolgen unter Erweiterung oder Verengerung eines nebenliegenden anderen Gefäßes, auch eines Lymphgefäßes, was für die Fortbewegung der Massen eine gewisse Bedeutung beansprucht. In manchen Knochen ist das Venensystem besonders stark ausgebildet, so in den mit Diploë versehenen Schädelknochen.

Lymphgefäße gibt es im Periost, im Knochen und an der Grenze des Markes. An der Grenze des Markes gegen den Knochen sind Lymphspalten zwischen zwei endothelialen Lagern sehr zahlreich; daß äußere Lager liegt hart der Knochensubstanz auf. Ganz dasselbe Verhalten ist in geringerer Ausdehnung

im Periost zu finden. An sie schließen sich abführende Lymphgefäße an. Innerhalb der Knochensubstanz selbst sind in weitester Ausdehnung perivaskuläre Lymphkanäle vorhanden, welche den Blutgefäßen bis in die feinste Kapillarausbreitung folgen. In Fig. 8 liegt ein Beispiel dieser Art vor.

Die Arbeiten von Baum über die Lymphgefäße der Knochen von Rind, Hund und Pferd haben gezeigt, daß die an der äußeren Knochenoberfläche austretenden Lymphgefäße in zwei Gruppen geschieden werden können: Die größte Zahl tritt hier und dort aus den Knochen heraus und verläuft subperiostal. Sie hängen zusammen mit den Lymphgefäßen der Knochenhaut. Die aus ihnen sich entwickelnden Lymphgefäße begleiten mit Vorliebe die Venen. Die zweite kleinere Gruppe von Lymphgefäßen ist nur bei größeren Knochen vorhanden. Sie treten aus größeren Ernährungslöchern neben den Vasa nutricia heraus.

Baum, H., Das Lymphgefäßsystem des Rindes. Berlin 1912. — Derselbe, Die . . . Lymphgefäße der Skeletknochen des Hundes. Anat. Anz. 50. Bd. 1918. — Derselbe, Die Lymphgefäße der Skeletknochen und der Hufe des Pferdes. Ber. über die Tierärztl. Hochschule Dresden auf das Jahr 1918.

Die Nerven des Knochens sind an verschiedenen Knochen verschieden zahlreich und gehören teils dem Periost, teils dem Inneren des Knochens, teils dem Mark an. Außer markhaltigen Fasern sind auch marklose vorhanden. Abgesehen von Gefäßnerven und Nerven unbekannter Funktion sind auch sensible Fasern in ansehnlicher Menge vorhanden. Im gesamten Periost finden sich einige Tausend Vater-Pacinische Körperchen, welche als Endigungen sensibler Nerven zu betrachten sind. Das Periost ist hiernach, neben anderen Häuten als eine Lagerstätte jener Nervenendorgane anzusehen, welche wahrscheinlich dem Muskelsinne dienen.

7. Das Knochenmark.

Der Binnenraum der Röhrenknochen sowie die zahlreichen Räume der Spongiosa sind erfüllt von einem weichen, schwammigen, blutreichen Organ, dem Knochenmark, Medulla ossium. Deswegen bezeichnet man den großen Hohlraum im Innern der Röhrenknochen als Markraum, Cavum medullare. Das Knochenmark tritt in zwei Formen auf, als gelbes und rotes, Medulla ossium flava und rubra. Ersteres enthält sehr viele Fettzellen, ist aber nicht reines Fettgewebe. Bei der Geburt ist rotes Mark noch in allen Knochen vorhanden, im Laufe des Wachstums aber wird es in den Extremitätenknochen mehr und mehr durch das gelbe ersetzt, so daß beim Erwachsenen der Markraum der Röhrenknochen mit gelbem Mark gefüllt ist, während das rote sich hauptsächlich in der Substantia spongiosa der Röhrenknochen, ferner in den Wirbelkörpern, Rippen, Brustbein, in der Diploë, d. h. in der Substantia spongiosa der Schädelknochen, sowie in den Hand- und Fußwurzelknochen vorfindet.

Das Stützgerüst der Marksubstanz besteht aus bindegewebigen Fasern, welche nach Entwicklung, Anordnung und histochemischem Verhalten den Retikulumfasern der lymphoiden Organe entsprechen (Jackson). In diesem Gerüstwerk befinden sich die zelligen Elemente, welche man unterscheidet als Markzellen, Riesenzellen, Leukocyten. Figg. 20, 21.

Über die Beziehungen des Knochenmarkes zur Blutbildung s. Abt. I.

Blutgefäße, Lymphgefäße und Nerven sind natürlich ebenfalls im Knochenmark vorhanden. Das Endothel der Blutgefäße soll nach einigen Autoren in Beziehung stehen zur Bildung der roten Blutkörperchen.

Innerhalb des Cavum medullare der Röhrenknochen grenzt sich das Mark ab gegen die Innenfläche der Substantia compacta durch ein dünnes Häutchen, die Membrana medullaris (Endosteum).

Hammar, J. A., Primäres und rotes Knochenmark. Anat. Anz. XIX. 1901. — Jackson, Zur Histologie und Histogenese des Knochenmarkes. Arch. Anat. u. Phys. 1904.

8. Übersicht des Skelets, Form, Gestalt, Teile der Knochen, allgemeine Bezeichnungen.

Der Form nach unterscheidet man:

1. Lange Knochen, Ossa longa. Hierher gehören viele Knochen der Gliedmaßen. Sie bestehen aus einem Körper oder Schaft, Corpus, Diaphysis, und zwei meist verdickten Endteilen, Extremitates, Epiphyses, welche oft in Form von rundlichen Köpfen, Capita, auftreten. Der Schaft enthält einen größeren Hohlraum, die dem Knochenmark zur Lagerstätte dienende Markhöhle, Cavum medullare. Man nennt daher solche Knochen auch Röhrenknochen. Bei allen hierher gehörigen Knochen herrscht die Ausdehnung nach einer Richtung vor.

2. Flache oder breite Knochen, Ossa plana, wie das Schulterblatt, Hüftbein, viele Schädelknochen. Bei dieser Gruppe ist der Knochen nach zwei Richtungen besonders ausgedehnt.

3. Kurze Knochen, Ossa brevia, wie die Handwurzel- und Fußwurzelknochen. Sie sind gleichmäßig nach drei Richtungen ausgedehnt.

4. Lufthaltige Knochen, Ossa pneumatica, wie Siebbein, Keilbein, Stirnbein, Oberkieferbein, Gaumenbein. Sie enthalten mit Luft erfüllte, von Schleimhaut ausgekleidete Hohlräume.

5. Unregelmäßige oder gemischte Knochen. Hierher gehören alle jene Knochen, welche in den drei vorhergehenden Abteilungen nicht Platz finden.

So wenig Inhalt im ganzen eine solche Einteilung zu haben scheint, fällt doch hieraus bereits Licht auf die Verwendung der Knochen im Körper. Sie dienen zur Bildung von Säulen, Ringen, Röhren, Kapseln, Gewölben. Namentlich in dieser Hinsicht ist auf Fig. 24 besondere Aufmerksamkeit zu richten. Sie bilden ein zusammengesetztes Hebelsystem, wie es sich zur Ausführung passiver Bewegungen trefflich eignet; ausgedehnte Angriffsflächen für die aktiven Bewegungsorgane, die Muskeln. Sie bilden Ringe, Röhren, Kapseln, welche zugleich als Schutzhüllen der umschlossenen Organe dienen; sie sind es, welche uns dabei in erster Linie entgegentreten und die Aufgabe des Skeletsystems im wesentlichen bezeichnen.

Man wird bei der Betrachtung der Fig. 24 auch nicht umhin können, sich über die Lage des Skelets im Körper vorläufig zu unterrichten. Es liegt innerhalb der Bindesubstanz und zwar in den Lücken der übrigen Körpersysteme, welche zu den Knochen in bestimmten Lagebeziehungen stehen.

Deshalb ist es begreiflich, daß das Skelet Eindrücke von den verschiedensten Seiten empfängt und letztere, d. h. die übrigen Körpersysteme, in gewissem Sinne, zunächst als Berührungsgebilde, sich an ihm ausprägen.

Wenn sie sich aber auch in bestimmter Weise ausprägen, so ist die Form des Skelets und seiner Teile doch nicht als die ausschließliche Wirkung der Umgebung zu betrachten; sondern die Knochenform ist das kombinierte Ergebnis des Einflusses der Umgebung und vor allem der eigenen, ererbten Gestaltungskräfte der jungen Knorpel- und Knochenanlagen, mögen die letzteren

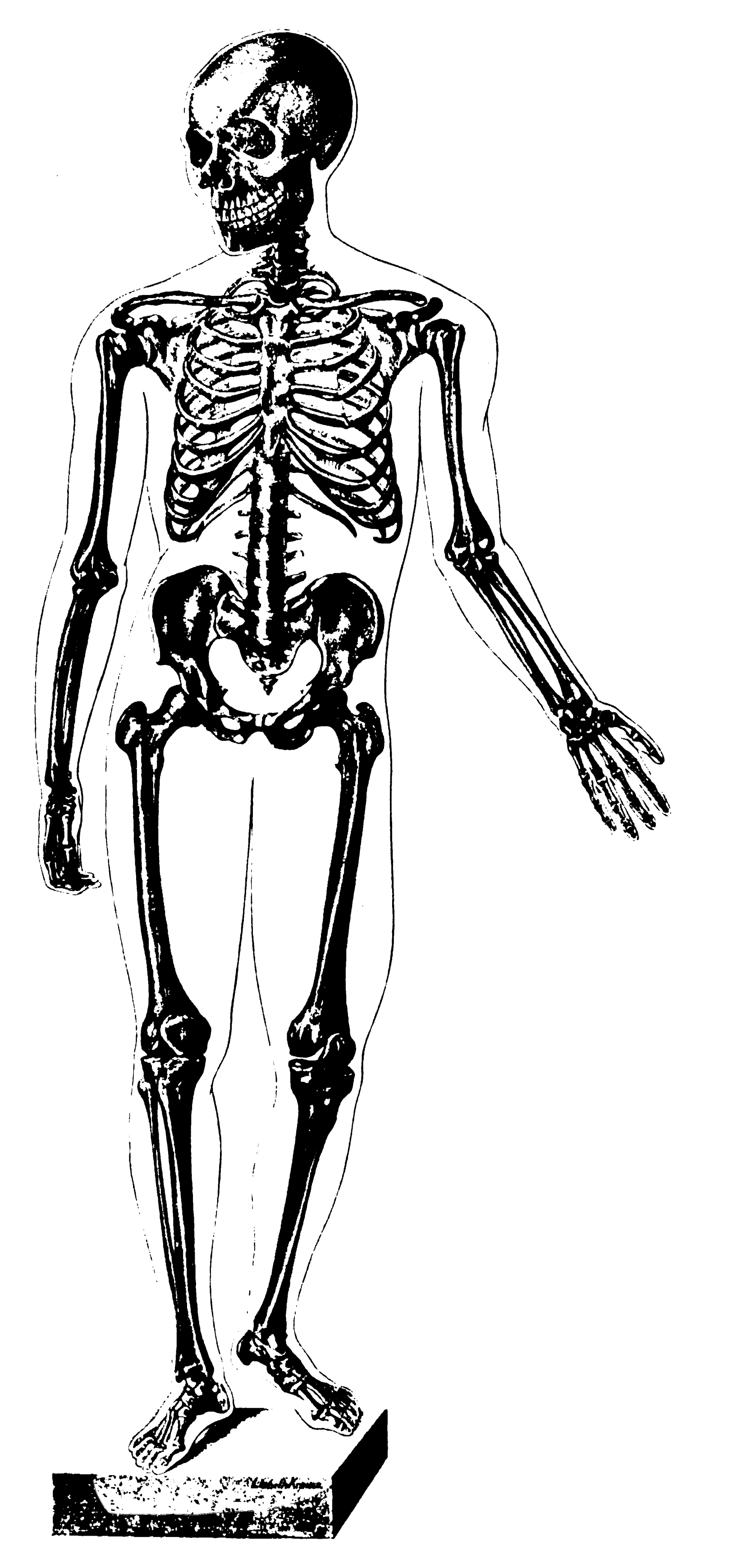


Fig. 24. Skelet des Menschen von vorn. 1:8.

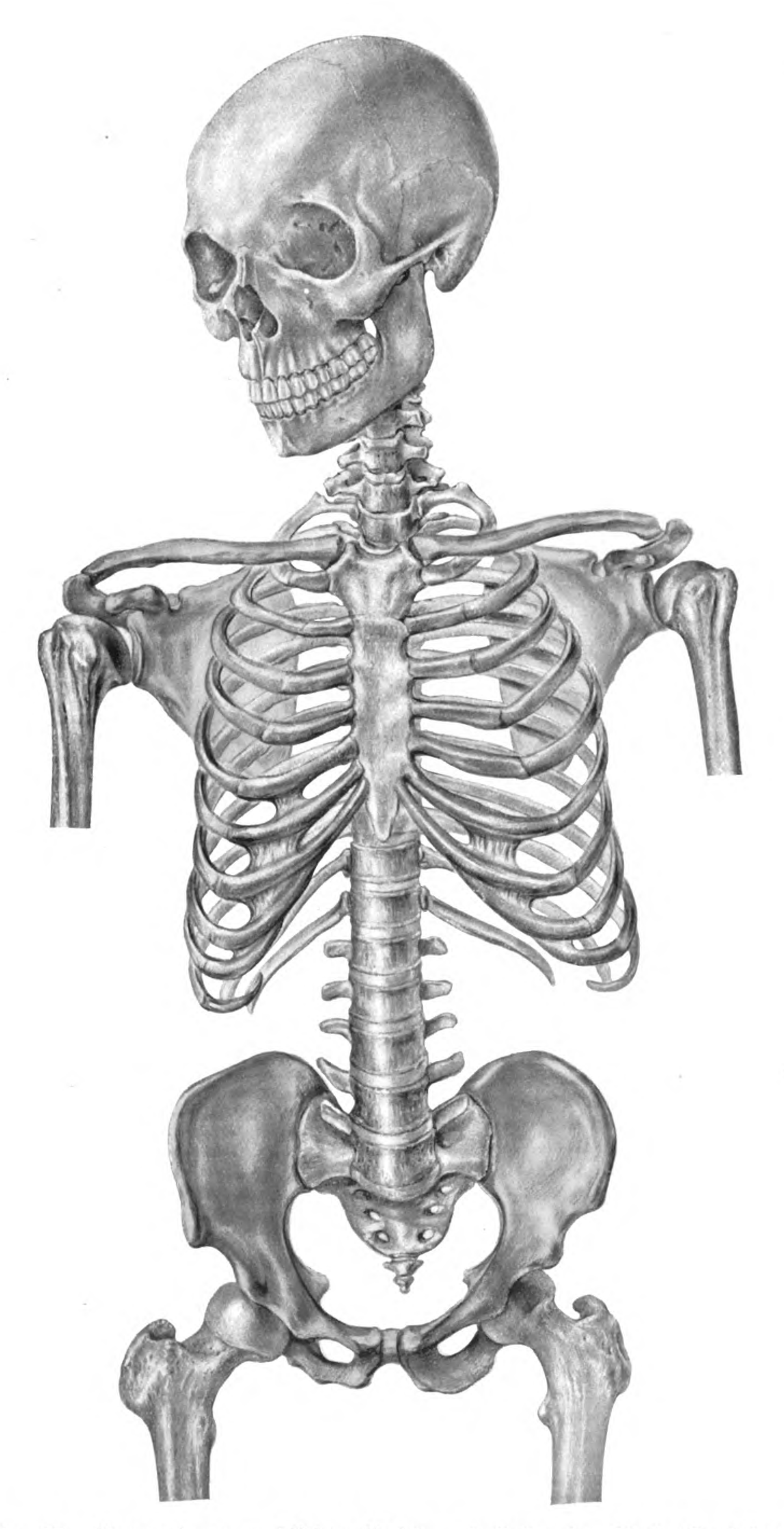


Fig. 25. Stamm des menschlichen Skeletes mit Teilen des Gliedmaßenskeletes. Brust- und Beckengürtel gelb. 1:4.

an Teilen des präformierten knorpeligen Skelets oder mitten im Bindegewebe liegen.

Die Oberflächen der Knochen zeigen häufig Erhabenheiten, Vertiefungen, Durchbrechungen von verschiedener Form. Umschriebene Hervorragungen heißen Fortsätze, Processus, oder Vorsprünge (Auswüchse), Apophyses. — Stachel, Spina. — Dorn, Processus spinosus, ist ein Fortsatz von dornartiger Gestalt. — Kleinere stumpfe Erhebungen heißen Tubera; hornartige Auswüchse Cornua, Tubercula. -- Schärfere Längserhebungen oder zugeschärfte Kanten führen den Namen Kamm, Pecten oder Leisten, Cristae. — Niedrige Erhebungen heißen Lineae. Die Ausdrücke Kopf, Köpfchen, Caput, Capitulum, erklären sich selbst; ebenso Knorren, Condylus, sowie Epicondylus, ein am Gelenkknorren sitzender Vorsprung.

An Vertiefungen finden wir Gruben, Foveae und Fossae, und Grübchen, Foveolae, Fossulae oder Impressiones. — Höhle, Cavum. — Furchen, Sulci. — Einschnitte, Incisurae. — Spalten und Schlitze, Fissurae. — Löcher, Foramina. — Kanäle, Canales. — Gänge, Ductus. — Mündungen, Aperturae. — Zellen, Cellulae.

Bisher richtete sich die Aufmerksamkeit auf das Äußere des Knochens. So wichtig diese Oberflächen sind, so darf man darüber das Innere nicht versäumen. Bricht man den Knochen auf, so zeigt es sich, daß feste und schwammige Massen ihn zusammensetzen. Die feste Masse, Substantia compacta seu corticalis, bildet je nach dem Ort und dem Knochen mächtige Ansammlungen oder nur dünne Rindenschichten; die schwammige Substanz, Substantia spongiosa, nimmt das Innere der Knochen ein und kann hier bedeutende Entfaltung erreichen, aber auch aufs äußerste verringert sein. Auch im Inneren der Knochen finden sich Vorsprünge und Inseln von harter Substanz, Binnendura (H. Meyer).

So besteht der Schaft der Röhrenknochen aus sehr dichter, elfenbeinartiger Substanz; während die beiden Enden im Innern aus netzförmig miteinander verbundenen, aber in bestimmten Richtungen verlaufenden Bälkchen und Blättern zusammengesetzt und auf ihrer Oberfläche von einer mehr und mehr sich verdünnenden Rinde fester Substanz umgeben sind. Figg. 1, 266—268, 271—273.

Bei den flachen Knochen bildet die feste Substanz häufig zwei Tafeln, welche an den Schädelknochen Lamina externa und Lamina interna s. vitrea genannt werden. Zwischen beiden Tafeln befindet sich schwammige Substanz, hier Diploë genannt (Figg. 280—284). Viele flache Knochen entbehren an dünnen Stellen der Diploë; beide Tafeln verschmelzen hier zu einer einzigen. Einzelne kleinere platte Knochen bestehen überhaupt nur aus einer Platte.

Die kurzen Knochen sind gleich den Endstücken der Röhrenknochen aus spongiöser Substanz gebildet, welche von einer dünnen kompakten Rinde umschlossen wird. Fig. 263.

Bei den gemischten Knochen sind die beiden Substanzen an verschiedenen Stellen in verschiedener Weise verwendet.

Die schwammige Substanz ist gleich der Markhöhle von weichem, aber viel blutgefäßreicheren Gewebe durchsetzt, welches die miteinander zusammenhängenden zahlreichen Hohlräume erfüllt. Hier sind die Lagerplätze des roten Knochenmarkes.

Feste und schwammige Substanz stehen zwar in einem formalen Gegensatz. Indessen sind sie weder ihrem Bau noch ihren Funktionen nach voneinander verschieden. Wie der ganze Knochen ein auf Festigkeit gebautes Gebilde ist, so nimmt auch die Spongiosa an dieser Aufgabe teil. Die Compacta erscheint in diesem Sinne als zusammengedrängte Spongiosa, letztere als aufgeblätterte Compacta. Dies Verhältnis prägt sich an jedem Knochen entsprechend seiner Stellung im architektonischen System in besonderer Weise aus. Über diese höchst merkwürdigen Verhältnisse s. weiter unten: Innere Architektur des Knochens.

Kleine Blutgefäße und Nerven treten an zahlreichen Stellen der Knochenoberfläche in die Substanz ein. Außerdem besitzen größere Knochen meist ein, manchmal auch mehrere, an bestimmten Stellen eintretende größere Gefäße, Aa. und Vv. nutriciae, welche durch das Foramen nutricium in den Canalis nutricius und dann in die Marksubstanz gelangen.

Es gibt, wie schon gesagt, auch lufthaltige Knochen; sie heißen Ossa pneumatica. Von einer lufthaltigen Höhle aus dringt Schleimhaut in diese Knochen ein und macht sie hohl und leicht[1]).

Die das Skelet bildenden Knochen werden eingeteilt in solche des **Stammes** und in solche der **Gliedmaßen** Fig. 25.

Das Stammskelet enthält die Knochen des Kopfes und des Rumpfes.

Das Gliedmaßenskelet besteht aus den Knochen des Schulter- und des Beckengürtels, sowie aus den Skeletstücken der freien Teile der Gliedmaßen.

Das Rumpfskelet wird von der Wirbelsäule und den Rippen mit dem Brustbein gebildet.

Das Kopfskelet besteht in entsprechender Weise aus dem Hirnschädel (Schädelkapsel) und dem Gesichtsschädel (Gesichtsskelet), zu welchem auch das Zungenbein und die Gehörknöchelchen gehören.

Fig. 25 zeigt in $^1/_4$ der natürlichen Größe das Stammskelet, mit dem Gürtel der oberen und unteren Extremitäten, sowie mit einem Stück der freien Teile des Extremitätenskelets versehen.

Zum Studium der Skeletteile wie aller übrigen Organe sind selbstverständlich die natürlichen Organe allein bestimmt. Die Abbildungen haben nur den Zweck von Hinweisungen auf die Naturkörper, zur Erleichterung und Sicherung des Studiums wie der Darstellung.

Die Anzahl der das Skelet bildenden Knochen wechselt mit den verschiedenen Lebensaltern. Einige, welche ursprünglich voneinander getrennt sind, vereinigen sich im Verlauf des Verknöcherungsvorgangs miteinander. Im folgenden sind die Knochen nach den im mittleren Lebensalter bestehenden Zuständen der Vereinigung und Trennung aufgezählt.

Die Wirbelsäule besteht aus 24 freien Wirbeln, dem Kreuzbein und dem Steißbein. Das Kreuzbein geht aus der Verschmelzung von fünf echten Wirbeln hervor. Das Steißbein enthält beim Erwachsenen vier bis fünf getrennte, in späterem Alter miteinander verwachsene Rudimente echter Wirbel. Es besaß in früher Entwicklungszeit nicht weniger als etwa neun Wirbelanlagen, von denen aber die terminalen Stücke schon bald einer Verschmelzung unterliegen.

Dem Rumpfskelet gehören außerdem zwölf freie Rippenpaare und das Brustbein an.

Der Schädel besteht aus 33 Knochen. Von diesen gehören 15 zum Hirnschädel; und zwar fünf einzelne oder unpaare: Hinterhauptbein, Keilbein, Siebbein, Stirnbein und Pflugscharbein; und fünf Knochenpaare oder paarige Knochen: Schläfenbeine, untere Muscheln, Nasenbeine, Tränenbeine, Scheitelbeine. 18 Knochen bilden den Gesichtsschädel, nämlich zwei einzelne: Unterkiefer und Zungenbeinkörper; sowie acht paarige: drei Paar Gehörknöchelchen, je ein Paar Oberkieferknochen, Jochbeine, Gaumenbeine, sowie zwei Paar sogenannte Zungenbeinhörner.

[1]) Mihalkovics, V., Bau und Entwicklung der pneumatischen Gesichtshöhlen. Verhandl. Anat. Ges. XII, 1896. — v. Lendenfeld, R., Die physiologische Bedeutung der Lufträume bei den fliegenden Tieren. Biolog. Centralbl. XVI, 1896.

Die oberen Extremitäten besitzen je ein Schlüsselbein, ein Schulterblatt, ein Oberarmbein, eine Speiche, eine Elle, acht Handwurzelknochen, fünf Mittelhand- und vierzehn Fingerknochen.

Die unteren Extremitäten haben je ein Hüftbein, ein Oberschenkelbein, eine Kniescheibe, ein Schienbein, ein Wadenbein, sieben Fußwurzelknochen, fünf Mittelfußknochen und vierzehn Zehenknochen.

Die Gesamtzahl geht schon über 200 hinaus. Dazu kommen noch eine Anzahl von sogenannten Sesambeinen. Endlich kann die Anzahl der Knochen noch dadurch vermehrt werden, daß

1. die normale Verschmelzung von Knochen unterbleibt (z. B. der beiden Stirnbeinhälften);
2. im Gebiete der Schädelnähte kleinere oder größere Knocheninseln zur Ausbildung gelangen und Nahtknochen bilden;
3. accessorische Knochen sich bilden.

B. Spezielle Osteologie.

I. Die Abteilungen des Skelets.

1. Das Rumpfskelet.

a) Die Wirbel.

Wirbel, Vertebrae, sind dorsal vom Darmsystem, ventral vom Rückenmark gelegene, unpaarige, aber symmetrisch ausgebildete und von der Medianebene durchschnittene metamerische Organe, welche in säulenförmiger Aufreihung mit den dazu gehörigen Zwischenwirbelscheiben und anderen Bändern das Axenskelet des Rumpfes, die Wirbelsäule, Columna vertebralis, bilden.

Aufwärts vom ersten Wirbel befindet sich der Schädel, welchem die Wirbelsäule als Stütze dient, der aber zugleich auch innige verwandtschaftliche Beziehungen zu ihr besitzt.

Seitlich nimmt eine Reihe von Wirbeln die zwölf freien Rippenpaare auf; ein anderer Teil von Wirbeln verbindet sich in fester Weise (unter Zwischenschiebung kurzer Sakralrippen) mit dem Gürtel der unteren Gliedmaßen.

Durch diese verschiedenartigen Anfügungen werden an der Wirbelsäule verschiedene Abteilungen hervorgebracht, ein Hals-, Brust-, Lenden-, Kreuz- und Steißteil.

Man unterscheidet: Sieben Halswirbel, Vertebrae cervicales, zwölf Brustwirbel, Vertebrae thoracales, fünf Lendenwirbel, Vertebrae lumbales, fünf Kreuzwirbel, Vertebrae sacrales, und vier bis fünf (drei bis sechs) Steißwirbel, Vertebrae coccygeae.

Die oberen 24 Wirbel werden auch wahre, freie oder bewegliche Wirbel genannt; von ihnen heißen die beiden obersten Drehwirbel, die übrigen Beugewirbel. Die fünf synostosierten Wirbel, welche zusammen das Kreuzbein, Os sacrum, bilden, werden demgemäß falsche, unfreie, unter sich unbewegliche Wirbel genannt. Die Wirbel des Steißbeines, zusammen das Os coccygis bildend, sind beweglich mit dem Kreuzbein, beweglich auch miteinander verbunden; doch verwachsen sie im reiferen Alter mehr oder weniger unter sich. Die Steißwirbel sind in zunehmendem Grade rudimentäre Wirbel und werden ihrer unvollständigen Form wegen ebenfalls falsche Wirbel genannt. Morphologisch genommen sind jedoch die Wirbel des Steißbeins, wie die des Kreuzbeins immer echte Wirbel. Die Steißwirbel stellen den kaudalen Abschnitt der Wirbelsäule dar, welcher bei vielen Tieren eine so ansehnliche Ausbildung erfährt.

Jeder nicht rudimentäre menschliche Wirbel hat die Form eines Ringes, welcher einen Körper, Corpus vertebrae, und einen Bogen, Arcus vertebrae unterscheiden läßt und mit ihnen das Wirbelloch, Foramen vertebrale, umschließt.

Nehmen wir zur weiteren Untersuchung einen Brustwirbel (Figg. 26 und 27) zur Hand.

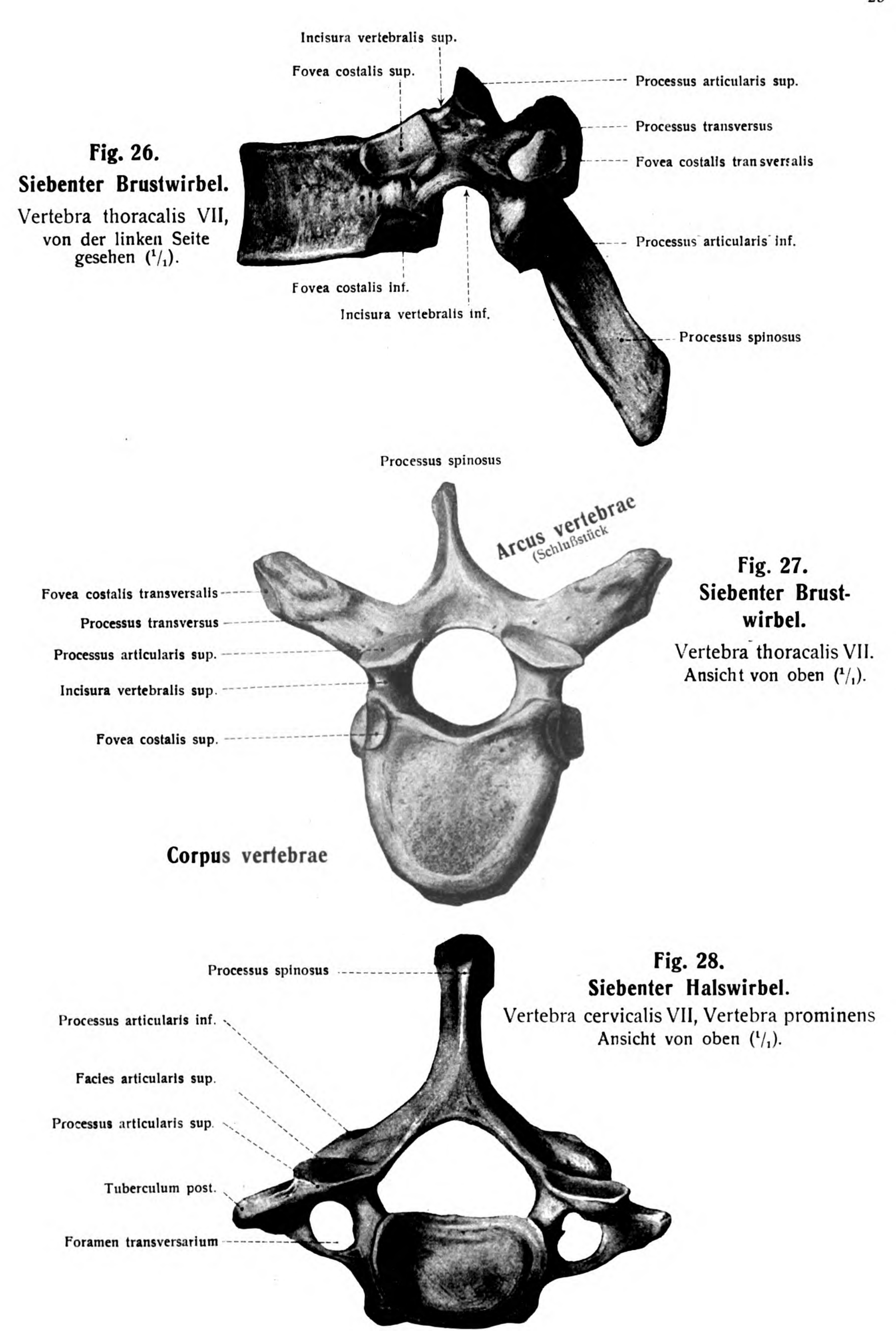


Fig. 26.
Siebenter Brustwirbel.
Vertebra thoracalis VII, von der linken Seite gesehen (1/1).

Fig. 27.
Siebenter Brustwirbel.
Vertebra thoracalis VII. Ansicht von oben (1/1).

Fig. 28.
Siebenter Halswirbel.
Vertebra cervicalis VII, Vertebra prominens Ansicht von oben (1/1).

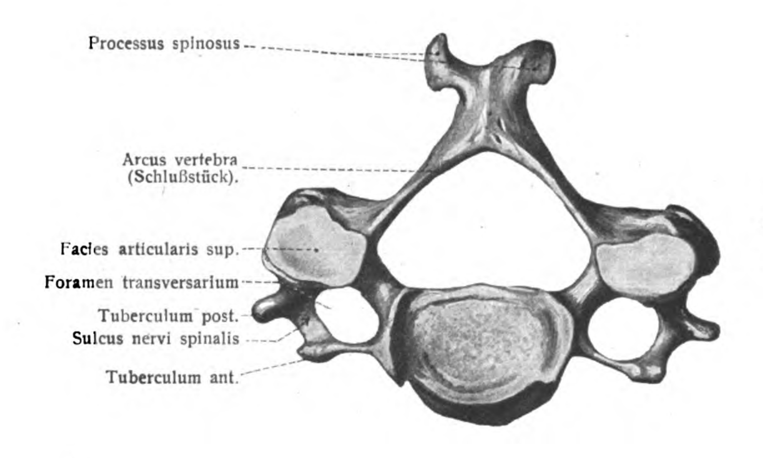


Fig 29.
Vierter Halswirbel.
Vertebra cervicalis IV.
Ansicht von oben (1/1)

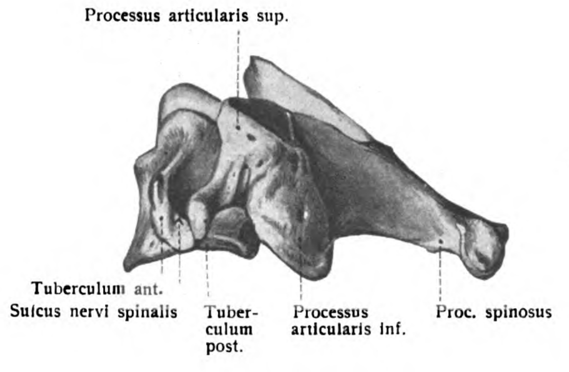


Fig. 30.
Vierter Halswirbel.
Vertebra cervicalis IV.
Von der linken
Seite gesehen (1/1).

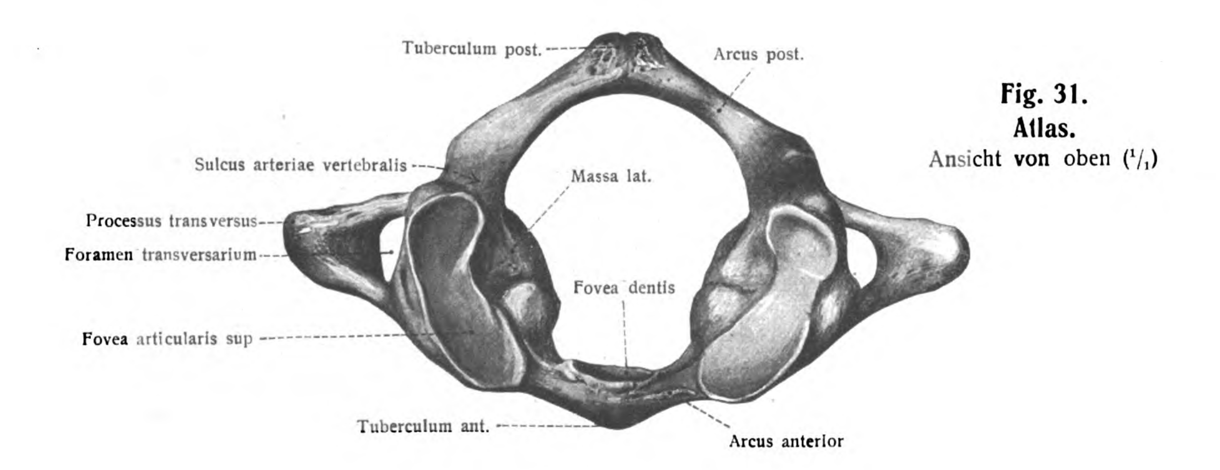


Fig. 31.
Atlas.
Ansicht von oben (1/1)

Der Körper des Wirbels ist ein kurzes, zylinderähnliches Knochenstück, welches eine obere (kraniale) und eine untere (kaudale) Endfläche, sowie eine vordere (ventrale) und eine hintere (dorsale) Seitenfläche besitzt.

Die ventrale Fläche ist von links nach rechts konvex, von kranial nach kaudal leicht konkav. Die Ränder der Endflächen springen ein wenig vor. Die Dorsalfläche ist von links nach rechts leicht konkav. Die beiden Endflächen dienen den Zwischenwirbelscheiben zur Anheftung. Die senkrechten Flächen sind von zahlreichen Öffnungen für Blutgefäße, besonders Venen durchbohrt; eine oder mehrere derselben, welche nahezu in der Mitte der Dorsalfläche liegen, sind durch Größe vor den übrigen ausgezeichnet.

Der Bogen besteht aus zwei symmetrischen Hälften, welche vom Körper des Wirbels dorsalwärts ziehen und in der Medianebene miteinander in Verbindung treten. Das beiderseitige Anfangsstück des Bogens heißt Wurzel, Radix arcus vertebrae; diese geht über in das mächtigere Seitenstück, auf welches das Schlußstück oder die Wirbelplatte folgt.

Jedes Seitenstück entsendet einen kranialen und einen kaudalen, mit je einer Gelenkfläche versehenen Fortsatz, den oberen und unteren Gelenkfortsatz, Processus articularis superior et inferior, zur Gelenkverbindung mit den Nachbarwirbeln durch Vermittlung der entsprechenden oberen und unteren Gelenkfläche, Facies articularis superior et inferior, aber auch einen seitlichen Fortsatz, den Querfortsatz, Processus transversus.

Das Schlußstück des Bogens läuft in einen unpaaren dornartigen Fortsatz aus, den Dornfortsatz, Processus spinosus.

Quer- und Dornfortsatz werden den Gelenkfortsätzen auch als Muskelfortsätze gegenübergestellt, obgleich Muskeln auch von den Gelenkfortsätzen entspringen. Die Querfortsätze aber teilen sich außerdem mit den Wirbelkörpern und Zwischenwirbelscheiben in die Aufnahme der Rippen.

Die Wurzel des Bogens entspringt nicht von der ganzen Höhenausdehnung des Wirbelkörpers, sondern nur von einem Teil, näher der kranialen als der kaudalen Endfläche. So kommen wichtige obere und untere Ausschnitte zum Ausdruck, Wirbelausschnitte, Incisura vertebralis superior et inferior, von welchen der untere größer und tiefer ist. Durch die Aufeinanderlagerung benachbarter Wirbel wird aus je einem unteren und oberen Wirbelausschnitt ein kurzer Kanal oder wie man zu sagen pflegt ein Loch, Zwischenwirbelloch, Foramen intervertebrale, welches in den Wirbelkanal, Canalis vertebralis, führt, der das Rückenmark enthält.

Jede von den genannten fünf Wirbelgruppen besitzt außer den allgemeinen Kennzeichen der Wirbel noch besondere Merkmale, welche namentlich an den mittleren Wirbeln jeder Gruppe so scharf ausgeprägt sind, daß nur ein Teil eines Wirbels, sei es Körper, Bogen oder Fortsatz, genügt, um mit ihm die Gruppe zu bestimmen. Andererseits nehmen die an den Enden der Gruppen gelegenen Wirbel teilweise die Eigentümlichkeit der benachbarten Gruppe an und zeigen dadurch Übergangscharaktere.

Betrachten wir nunmehr die einzelnen Gruppen der Reihe nach.

α. Halswirbel, Vertebrae cervicales. Figg. 28—33. 48.

Von den sieben Halswirbeln sind die beiden ersten, Atlas und Epistropheus, so abweichend gestaltet, daß sie später eine gesonderte Beschreibung erfordern. Darin aber stimmen beide mit allen übrigen Halswirbeln überein, daß ihr Querfortsatz aus einer ventralen und einer dorsalen Spange oder Wurzel zu bestehen

scheint, welche ein Loch, das Foramen transversarium, für die Arteria und Vena vertebralis, zwischen sich fassen.

Die ventrale Spange jedoch hat eine besondere Bedeutung. Sie ist das Rudiment einer Halsrippe und führt daher den Namen Processus costarius. Mit der dorsalen Spange, dem eigentlichen Querfortsatz auch Seitenfortsatz, Processus lateralis, genannt, verbindet sich der Processus costarius mittels einer Stelle, welche dem Tuberculum costae der später zu betrachtenden Brustrippen entspricht. Die kraniale Fläche des Processus transversus ist vom dritten Halswirbel an mit einer tiefen und breiten Rinne versehen, Sulcus nervi spinalis, in welcher ein starker Nerv seinen Lauf hat. Das laterale Ende des Querfortsatzes zeigt an den genannten Wirbeln, den siebenten ausgenommen, zwei Vorsprünge, Tuberculum anterius et posterius.

Der Körper der Halswirbel ist klein, in querer Richtung ausgedehnter als in sagittaler, und nimmt vom dritten bis zum siebenten an Breite zu. Die kranialen Endflächen sind von links nach rechts, die kaudalen von dorsal nach ventral konkav. Da dieselben Endflächen in entgegengesetzter Richtung leicht konvex sind, so werden sie sattelförmig erscheinen müssen.

Die Gelenkfortsätze sind breit und flach. Ihre Gelenkflächen, Facies articulares, sind schief gestellt, und zwar ist das kraniale Paar nach hinten oben lateralwärts, das kaudale Paar nach vorn unten medianwärts gerichtet.

Die Schlußstücke der Wirbelbögen sind lang und entsprechend den Gelenkflächen geneigt.

Die Dornfortsätze sind kurz, leicht kaudalwärts geneigt, nehmen bei den unteren Halswirbeln an Länge zu und sind gabelförmig in zwei Zacken gespalten. Letztere, am sechsten Halswirbel schon sehr kurz geworden, fehlen dem siebenten ganz oder sind nur in Andeutungen vorhanden. Der Dornfortsatz des siebenten Halswirbels übertrifft dagegen die übrigen an Länge und Stärke, liegt fast horizontal und bedingt einen stärkeren Vorsprung, welcher durch die Haut leicht gefühlt werden kann. Deshalb wird der Wirbel auch Vertebra prominens genannt.

Das Wirbelloch ist abgerundet dreieckig und weiter als in irgend einem Brust- oder Lendenwirbel.

Der Processus costarius des sechsten Halswirbels tritt weiter vor als bei den anderen und bedingt dadurch einen Höcker, das Tuberculum caroticum der topographischen Anatomie oder den Carotidenhöcker von Chassaignac. Bei den meisten Säugetieren ist der Processus costarius des sechsten Wirbels eine mächtige Platte, welche auch bei Menschen oft gefunden wird. Der Proc. costarius des siebenten Halswirbels tritt zurück und ist klein. Zuweilen aber entwickelt er sich bedeutender und wird zu einer freien, beweglichen Rippe, welche sogar das Brustbein erreichen kann (s. S. 57, 58).

Die Verschiedenheit der beiden ersten Halswirbel ist durch die Nachbarschaft des Schädels bedingt.

Der erste Halswirbel, Atlas, Träger (Fig. 31), zeigt einen vorderen Bogen, Arcus anterior, an welchem vorn ein kleiner Höcker, Tuberculum anterius, sichtbar ist; hinten liegt eine kleine Gelenkfläche, Fovea dentis, an welcher der Zahnfortsatz des Epistropheus gleitet. Seitlich liegen starke Knochenmassen, Massae laterales, welche die Last des Kopfes tragen. Die oberen Gelenkflächen, Occipitalpfannen, Foveae articulares superiores, nach

vorn konvergent, nehmen die Gelenkfortsätze des Hinterhauptbeins auf, sind von ovaler Form, von dorsal nach ventral konkav, gegen die Medianebene kaudalwärts geneigt und nicht selten in zwei Stücke geteilt. Die unteren Gelenkflächen, Facies articulares inferiores, sind nahezu kreisförmig, flach oder wenig vertieft, kaudalwärts und medianwärts und ein wenig dorsalwärts gerichtet. An der medialen Fläche jeder Seitenmasse liegt ein kleiner rundlicher Höcker mit einer rauhen Vertiefung, an welche sich das Querband des Atlas ansetzt. Vom dorsalen Ende der Massae laterales entspringt der ansehnliche hintere Bogen des Atlas, Arcus posterior, welcher den Ring dorsal schließt und an Stelle des Dornfortsatzes das Tuberculum posterius trägt. An den Abgangsstellen von den Massae laterales ist die kraniale Fläche des Arcus posterior mit einer Furche versehen, Sulcus arteriae vertebralis, welche durch eine deckende Knochenspange in ein Loch umgewandelt werden kann.

Der ventrale Bogen, das Querband und die Massae laterales bilden zusammen den peripherischen Teil des Atlaskörpers; der axiale oder zentrale Teil des Atlaskörpers wird zum Zahnfortsatz des Epistropheus, bildet aber außerdem nach H. Virchow (Verh. anat. Ges. 1921) noch den oberen Teil des Epistropheuskörpers. Das vom Atlasring umschlossene Loch entspricht also nicht dem Foramen vertebrale, sondern ist mehr als dieses.

Der zweite Halswirbel, Epistropheus (Figg. 32, 33), ist in seinem ventralen Teil sehr kräftig entwickelt und trägt einen starken Zapfen, Dens, um welchen der Schädel mit dem Atlas sich dreht. Dieser Zapfen zeigt ein kraniales verdicktes Ende und einen schmaleren kaudalen Teil. Ventral liegt eine Gelenkfläche zur Verbindung mit dem vorderen Atlasbogen, Facies articularis anterior. Die dorsale Fläche trägt eine glatte Furche zur Anlagerung des queren Atlasbandes, Facies articularis posterior.

Der Körper des Epistropheus verschmälert und verlängert sich etwas kaudalwärts, um sich der kranialen Endfläche des dritten Halswirbels anzupassen. Ventral trägt er eine mediane niedrige Leiste, neben welcher zwei seichte Gruben liegen. Die kranialen Gelenkflächen, welche wie am Atlas ventralwärts von den Incisurae vertebrales liegen, entsprechen in ihrer Form und Lage den kaudalen Gelenkflächen des Atlas. Sie sind groß, nahezu eben, fallen lateral- und dorsalwärts ab und nehmen die Last des Kopfes durch Vermittelung der Seitenmassen des Atlas auf.

An der kaudalen Fläche stoßen wir auf Gelenkfortsätze und Gelenkflächen, welche jenen der folgenden Halswirbel entsprechen und uns bereits bekannt sind. Das Schlußstück des Bogens ist kräftig, sehr groß, rauh und in zwei Zacken tief gespalten. Der Querfortsatz ist kurz, schwach gefurcht. Das Foramen transversarium durchsetzt ihn in schiefer Richtung von kaudal innen nach kranial außen.

Während bei den Säugetieren Dens und Körper des Epistropheus miteinander verschmelzen, bleibt bei den Reptilien die ursprüngliche Trennung bestehen.

Über einen Processus odontoideus atlantis hominis berichtete O. Funke. Anat. Anz. Bd. XIV.

β. Brustwirbel, Vertebrae thoracales. Figg. 26, 27, 57.

Der Körper der Brustwirbel ist ventral ein wenig niedriger als dorsal und hat abgerundet dreiseitige, herzförmige Endflächen. Die Höhe nimmt vom ersten bis zum zwölften allmählich zu (vgl. Fig. 57); es wächst auch der sagittale Durchmesser, welcher an den mittleren Brustwirbeln dem queren nahezu gleichkommt. Die beiden ersten Brustwirbelkörper zeichnen sich durch vorwiegende Breite aus. Die Körper der letzten Brustwirbel nehmen ebenfalls an Breite zu und gehen in die querovale Form der Körper der Lendenwirbel über. An der Seite der Körper, in der Nähe des Bogenursprunges, liegen flache Gelenkpfannen, häufig auf Vorsprüngen der Wirbel. Sie dienen zur Anlagerung der Rippenköpfchen und heißen daher Rippenpfannen, Foveae costales.

Die Mehrzahl der Wirbelkörper besitzt auf jeder Seite zwei halbe Rippenpfannen, die eine am kranialen, die andere am kaudalen Rand, Fovea costalis superior et inferior. Sie sind so angebracht, daß die zusammentreffenden halben Rippenpfannen zweier Nachbarwirbel nebst der zugehörigen Zwischenwirbelscheibe das Capitulum costae aufnehmen. Folgende Wirbel zeigen jedoch Besonderheiten. Der erste Brustwirbel hat eine ganze Rippenpfanne am kranialen und eine halbe am kaudalen Rand; rückt die erste Rippe zwischen den letzten Hals- und ersten Brustwirbel hinauf, so haben der kraniale Rand des ersten Brustwirbelkörpers und der kaudale Rand des letzten Halswirbelkörpers je eine halbe Rippenpfanne. Die elfte und zwölfte Rippe rücken mit ihren Köpfen mehr an die Mitte der entsprechenden Wirbelkörper; sie tragen je eine ganze Rippenpfanne. Der zehnte Brustwirbel hat daher nur eine halbe Pfanne am kranialen Rand.

Die überknorpelten Gelenkflächen der Gelenkfortsätze haben nahezu frontale Stellung. Die kranialen Gelenkflächen sehen dabei wesentlich dorsalwärts, die kaudalen ventralwärts. Jedoch hat der kraniale Gelenkfortsatz des ersten und der kaudale des zwölften Brustwirbels die Form der Gelenkteile der Nachbargruppe.

Die Querfortsätze sind lateral- und dorsalwärts gerichtet und nehmen bis zum siebenten oder achten an Länge etwas zu, um dann wieder kürzer zu werden. Sie tragen an der ventralen Fläche ihres freien Endes eine kleine Gelenkfläche, Fovea costalis transversalis, zur Anlagerung der Rippenhöcker. Am elften und zwölften Brustwirbel fehlen diese Gelenkflächen.

Die Schlußstücke der Bögen sind kürzer und höher als bei den Halswirbeln und an ihren Rändern rauh, oft zackig.

Die Dornfortsätze besitzen eine dreiseitig prismatische Gestalt, sind sehr lang, schräg kaudalwärts gerichtet (besonders an den mittleren Wirbeln) und endigen mit einem Knöpfchen.

Das Foramen vertebrale ist nahezu zylindrisch und kleiner als bei den Hals- und Lendenwirbeln.

γ. **Lendenwirbel,** Vertebrae lumbales. Figg. 34, 56.

Die fünf Lendenwirbel haben gleich den Halswirbeln keine freien Rippen, wohl aber ebenfalls Rippenrudimente.

Der quere und der sagittale Durchmesser der Körper sind größer als bei den Brustwirbeln, besonders der erstere, während die Höhe weniger zunimmt. Die Endflächen haben Nieren- oder Bohnenform. Der Körper des fünften ist dorsal beträchtlich niedriger als ventral.

Die Gelenkfortsätze sind dick und stark. Die Gelenkflächen haben sagittale Stellung und dabei zugleich zylindrische Wölbung und Höhlung. Von jedem kranialen Gelenkfortsatz ragt ein kleiner Höcker, Processus mamillaris, kranialwärts und dorsalwärts.

Die kranialen Gelenkfortsätze umfassen die kaudalen von der lateralen Seite her. Die kranialen Gelenkfortsätze sind bei allen Wirbelgruppen zugleich die ventralen, die kaudalen sind die dorsalen. Steht die Gelenkfläche statt in frontaler (wie bei den Brust- und Halswirbeln) in sagittaler Stellung (wie bei den Lendenwirbeln), so werden die kranialen Gelenkfortsätze zu seitlich umfassenden, die kaudalen zu umfaßten; die Gelenkflächen der letzteren sind die gewölbten, die der ersteren die ausgehöhlten.

Die Querfortsätze sind lang und platt, mit kranialer und kaudaler Kante versehen, lateral gerichtet. Von der Basis eines jeden ragt ein kleiner spitzer

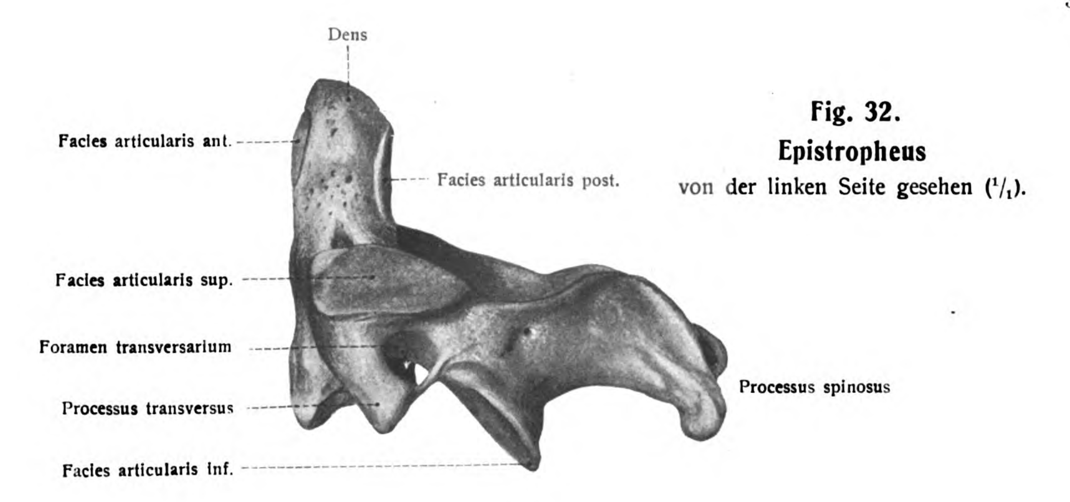


Fig. 32.
Epistropheus
von der linken Seite gesehen (1/1).

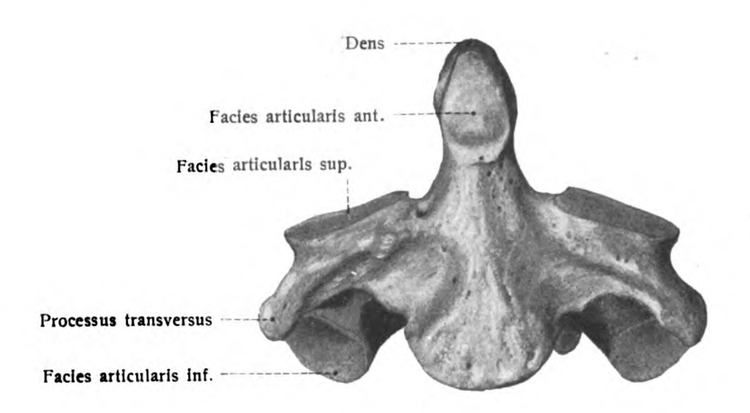


Fig. 33.
Epistropheus
von vorn gesehen (1/1).

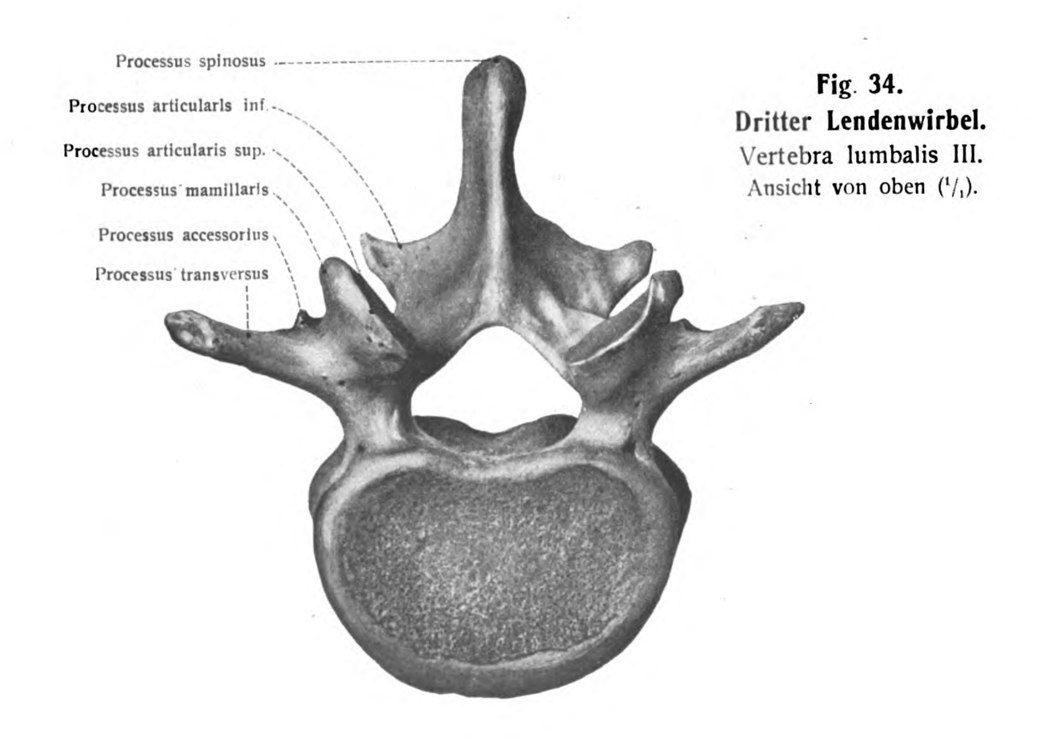


Fig. 34.
Dritter Lendenwirbel.
Vertebra lumbalis III.
Ansicht von oben (1/1).

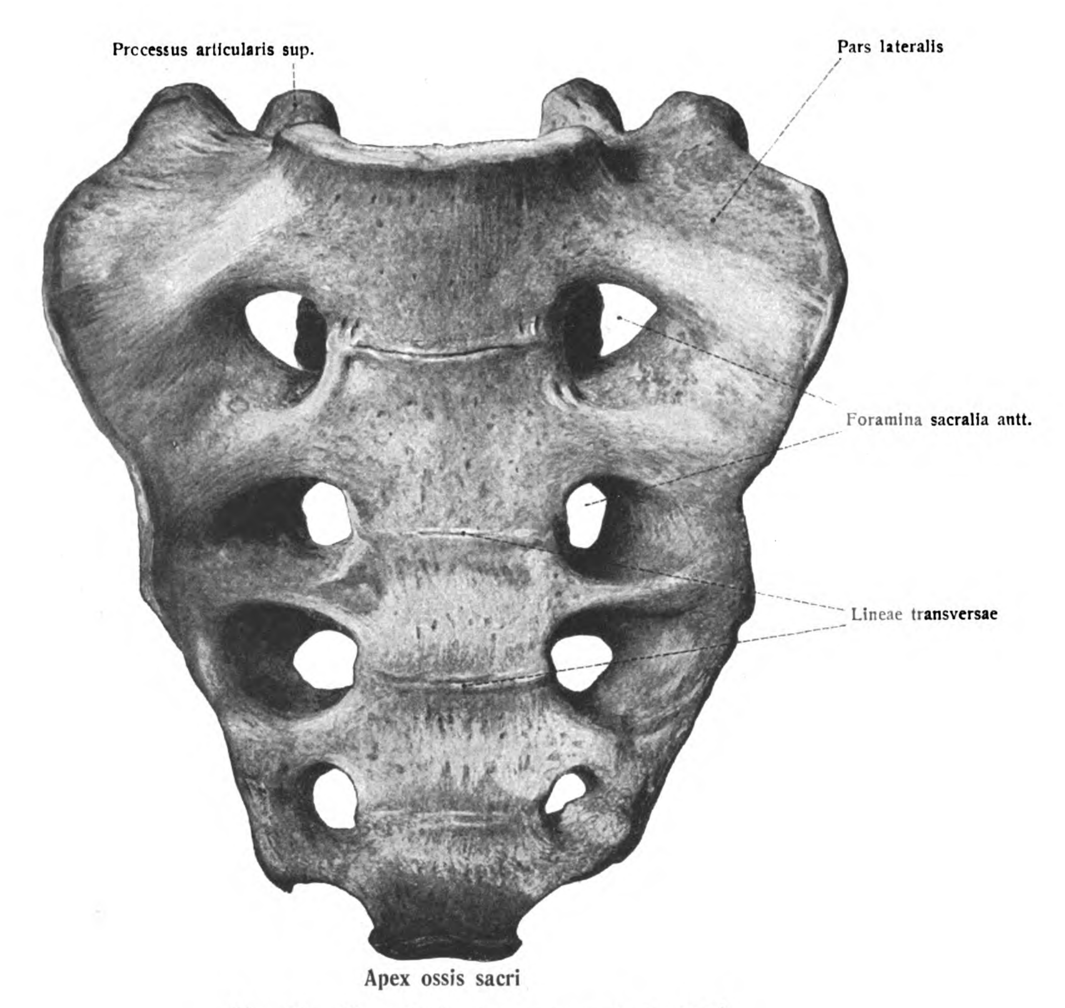


Fig. 35. Kreuzbein, Os sacrum (männlich).
Facies pelvina (1/1).

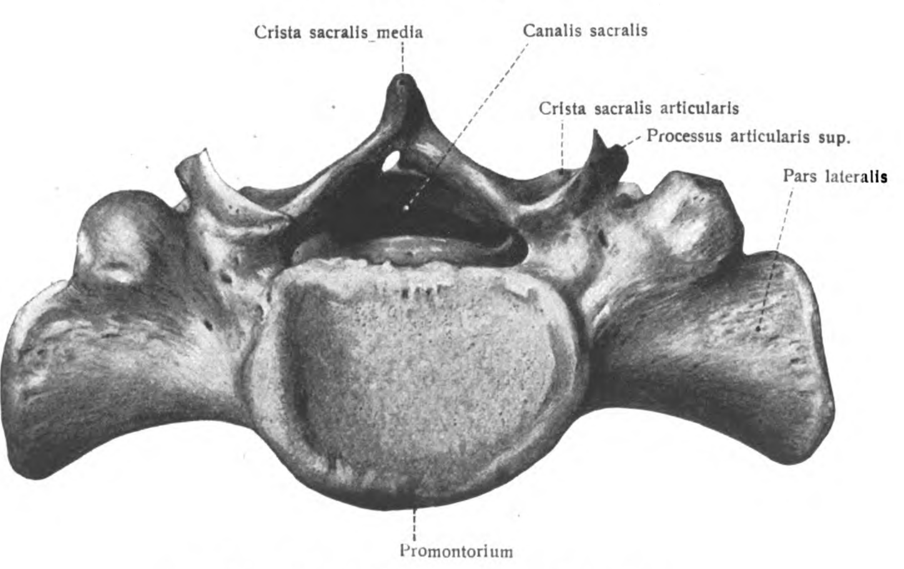


Fig. 36. Kreuzbein, Os sacrum (männlich)
Basis ossis sacri (1/1)

Fortsatz dorsalwärts, welcher Processus accessorius genannt wird. Die Querfortsätze des fünften Lendenwirbels sind gewöhnlich kürzer und dicker und meist etwas kranialwärts gerichtet.

Die Seitenfortsätze der Lendenwirbel sind hervorgegangen aus der Verschmelzung eines großen Rippenrudiments mit einem kleinen Querfortsatz (Rosenberg); das costale Element ist aber bei den verschiedenen Lendenwirbeln verschieden stark entwickelt (Holl). Der kombinierte Fortsatz ist somit kein Processus transversus, sondern ein Processus costotransversarius. Eine Furche, Sulcus costotransversarius, dorsal von der kranialen Kante deutet oft noch die Grenze an. — Unterbleibt die Verschmelzung des Rippenrudimentes mit dem Querfortsatz, so entsteht eine Lendenrippe, die am ersten Lendenwirbel eine ansehnliche Größe erreichen kann. Holl, Der Seitenfortsatz der Lendenwirbel. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, 128. Bd. 1919.

Die Schlußstücke der Bögen sind hoch und dick, nehmen aber an den unteren Lendenwirbeln an Höhe ab. Die kranialen und kaudalen Ränder der Schlußstücke sind rauh und zackig.

Die Dornfortsätze sind mächtig, von der Seite her komprimiert, fast gerade dorsalwärts gerichtet; ihr dorsales Ende ist aufgeworfen und rauh.

Das Wirbelloch ist weit, dreieckig oder breit rautenförmig.

δ. Kreuzbein, Os sacrum. Figg. 35—39, 42.

Die fünf Wirbel und zugehörigen Rippenrudimente, aus deren knöcherner Verwachsung das Kreuzbein hervorgeht, nehmen kaudalwärts an Größe ab. Daher ist das Kreuzbein kranial breit und dick, kaudal schmal und dünn, von dreieckiger, schaufelförmiger Gestalt mit kranialwärts gerichteter Basis. Es besitzt eine ventrale konkave, eine dorsale konvexe sehr unebene Fläche; außerdem zwei Seitenränder, eine Basis und eine Spitze.

Die ventrale Fläche, Facies pelvina, ist von kranial nach kaudal stark, von einer Seite zur anderen nur wenig ausgehöhlt. An ihr fallen vier quere Leisten, Lineae transversae, auf, welche den Vereinigungsstellen der fünf Wirbelkörper entsprechen. An den Enden dieser Linien liegen jederseits vier große, kaudalwärts an Größe abnehmende Löcher, Foramina sacralia anteriora, welche für den Durchtritt großer Nervenstämme bestimmt sind und sich lateral in Furchen fortsetzen. Entsprechend der Mitte des dritten Kreuzwirbelkörpers zeigt das Kreuzbein in der Regel eine Einknickung, deren Bedeutung später klar werden wird.

Die dorsale konvexe Fläche, Facies dorsalis, zeigt im gut ausgebildeten Falle eine mediane Leiste, Crista sacralis media, an welcher vier stärkere Vorsprünge hervortreten, die Enden der Dornfortsätze der Kreuzwirbel. Eine undeutlichere Längsreihe von Rauhigkeiten, Crista sacralis articularis, entspricht jederseits den miteinander verschmolzenen Gelenkfortsätzen. Der kranialste Gelenkfortsatz, Processus articularis superior, ist frei und umfaßt den kaudalen Gelenkfortsatz des fünften Lendenwirbels von der Seite her. Der kaudalste, rudimentäre Gelenkfortsatz ragt jederseits gleich einem Horn kaudalwärts und führt daher den Namen Cornu sacrale. Zwischen beiden Cornua sacralia und dem letzten oder vorletzten Dornfortsatz liegt ein torähnlicher Zugang, Hiatus sacralis zu dem Kreuzbeinteil des Wirbelkanals, Canalis sacralis. Lateralwärts von der Crista sacralis articularis sind die vier Foramina sacralia posteriora jeder Seite sichtbar. Sie sind etwas kleiner als die vorderen und dienen den dünnen hinteren Kreuznerven zum Durchtritt.

Die vorderen und hinteren Kreuzbeinlöcher bilden die Enden kurzer, schräger Kanäle, welche den Knochen in sagittaler Richtung durchsetzen. Die Zwischenwirbellöcher, Foramina intervertebralia, münden von medial her in sie ein als Gänge, Canales intersacrales, welche vom Kreuzbeinkanal seitlich abgehen.

Lateral von den Foramina sacralia posteriora liegt jederseits eine neue Kette von rauhen Hügeln, Crista sacralis lateralis. Sie entspricht den dorsalen Rändern der verschmolzenen Querfortsätze und zugehörigen Bandmassen; sie gehört bereits den Seitenteilen des Kreuzbeins an.

Die Seitenteile des Kreuzbeins, Partes laterales, werden durch das ganze Gebiet dargestellt, welches lateral von den Foramina sacralia liegt. Sie gehen

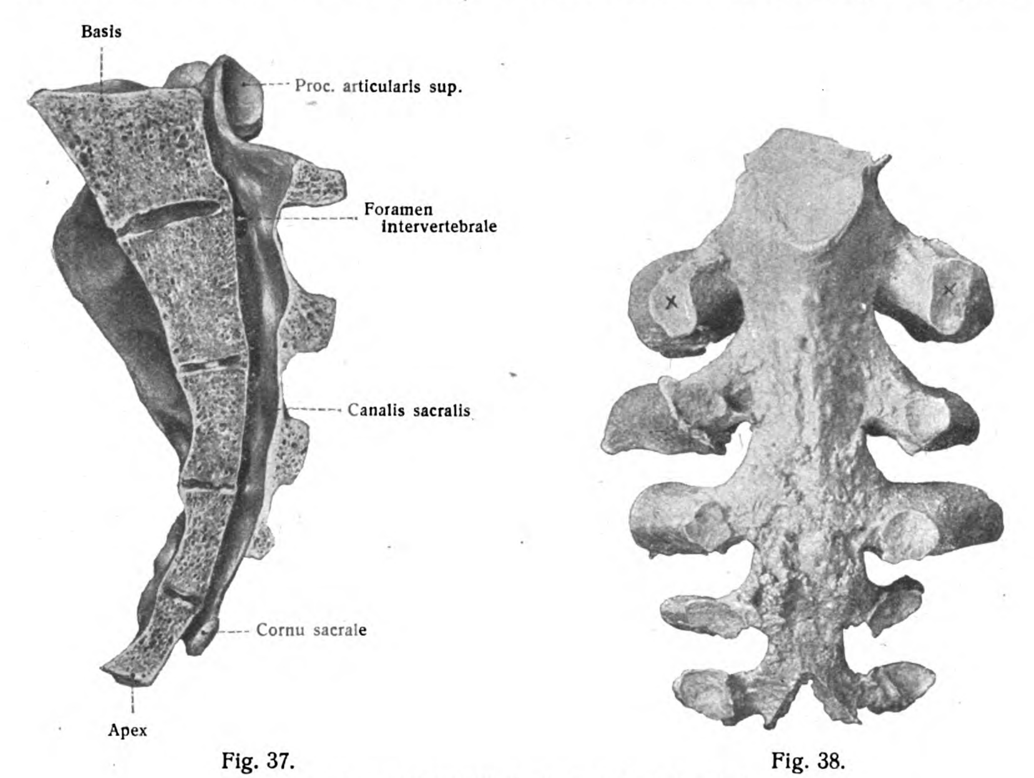


Fig. 37. **Sagittalschnitt durch das Kreuzbein.** 2 : 3.

Fig. 38. **Metallausguß** des Canalis sacralis, der Foramina intervertebralia und der Canales intersacrales, dorsale Fläche. 2 : 3.
Es liegt ein Kreuzbein mit synostosiertem 1. Steißwirbel vor. Die Foramina sacralia posteriora sind als frontalgestellte unregelmäßig ovale Flächen (X, X) sichtbar. Von ihnen divergieren ventral- und lateralwärts die Canales intersacrales.

hervor aus der Verschmelzung der Querfortsätze, der zugehörigen Processus costarii und Bandmassen. Der Rippenteil des Kreuzbeins trägt eine ohrförmige, große, meistens (in 60 Proz.) über $2^1/_2$ Wirbel ausgedehnte Gelenkfläche zur Aufnahme des Hüftbeins. Dorsal von dieser Facies auricularis liegt ein mit Vorsprüngen und Vertiefungen versehenes Feld, welches in die Crista sacralis lateralis übergeht und dem Ansatz von mächtigen Bandmassen dient: Tuberositas sacralis. Kaudal von der Facies auricularis wird der Seitenteil des Kreuzbeins dünn und erfährt alsbald einen starken Ausschnitt, welcher sich gegen die Spitze des Kreuzbeins, Apex ossis sacri, hinzieht.

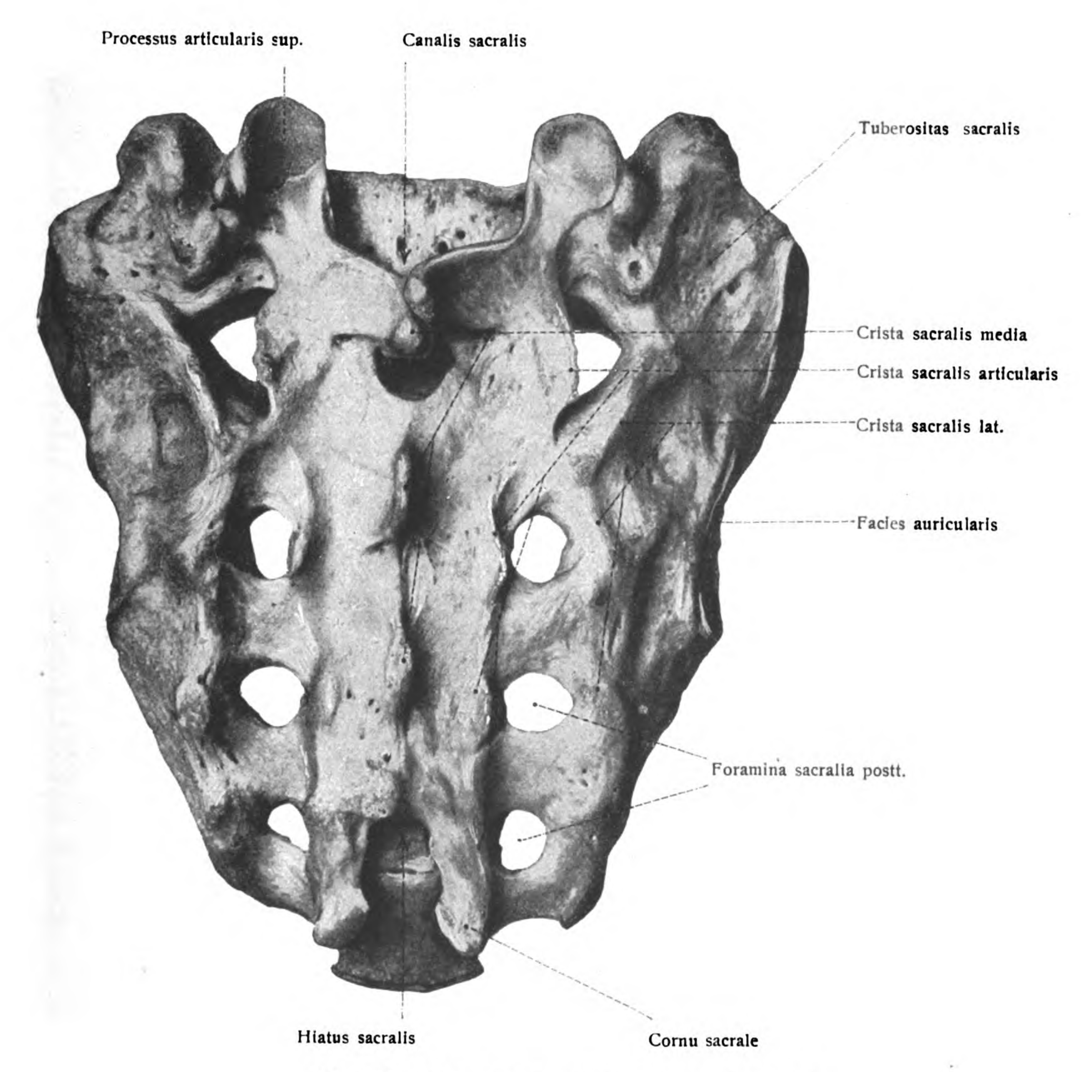


Fig. 39. Kreuzbein, Os sacrum (männlich).
Facies dorsalis (1/1).

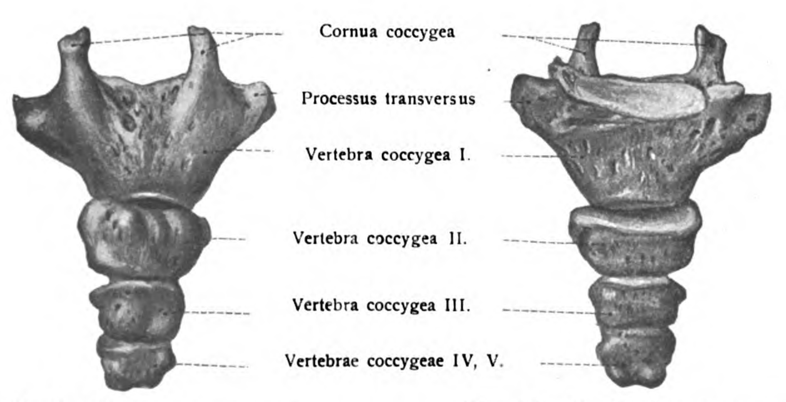


Fig. 40. Steißbein, Os coccygis.
Ansicht von hinten (1/1).

Fig. 41. Steißbein, Os coccygis.
Ansicht von vorn (1/1).

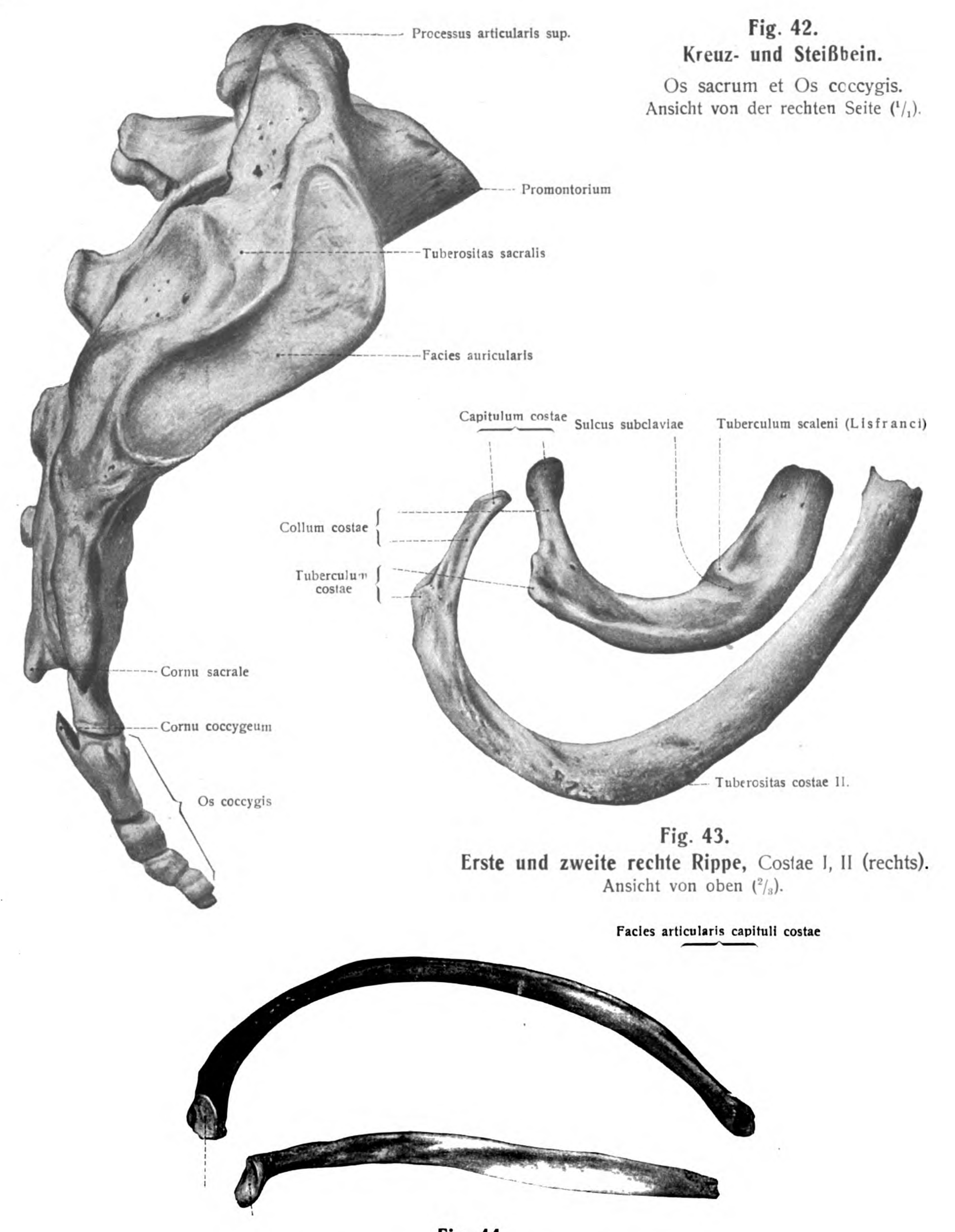


Fig. 42.
Kreuz- und Steißbein.
Os sacrum et Os coccygis.
Ansicht von der rechten Seite (1/1).

Fig. 43.
Erste und zweite rechte Rippe, Costae I, II (rechts).
Ansicht von oben (2/3).

Fig. 44.
Elfte und zwölfte rechte Rippe, Costae XI, XII (rechts).
Ansicht von unten (2/3).

Die Basis, Basis ossis sacri, ist kranialwärts und ventralwärts gerichtet, enthält die kraniale Endfläche des ersten Kreuzwirbels und verbindet sich durch sie mit der kaudalen Endfläche des fünften Lendenwirbels fast unter einem rechten Winkel, welcher Promontorium genannt wird. Dorsal von der Endfläche liegt eine dreieckige Öffnung, welche in den Sacralkanal führt. Lateral von der Öffnung steht der schon erwähnte obere Gelenkfortsatz. Ventral von dem Gelenkfortsatz liegt eine Incisura vertebralis superior.

Die Spitze, Apex, trägt die kleine querovale kaudale Oberfläche des fünften Kreuzwirbels und wird durch eine Bandscheibe mit dem Steißbein verbunden.

Der Kreuzbeinkanal, Canalis sacralis, ist dreiseitig, dem Knochen gemäß gekrümmt und verengert sich im Absteigen. Seine kraniale Mündung befindet sich an der Basis des Kreuzbeins; kaudalwärts öffnet er sich spaltförmig an der dorsalen Fläche des Knochens, den Hiatus sacralis bildend. Durch die quergestellten Foramina intervertebralia (intersacralia) verbindet er sich mit den Kanälen, deren ventrale und dorsale Mündungen als Foramina sacralia anteriora et posteriora bereits bekannt geworden sind. (Figg. 37 und 38.)

Geschlechtsunterschiede. Das weibliche Kreuzbein ist im Verhältnis zu seiner Länge breiter als das männliche, zugleich kürzer als das letztere und weniger gekrümmt. Das männliche Kreuzbein ist länger, schmaler und stärker gekrümmt, das weibliche nähert sich der Form eines gleichschenkligen Dreiecks.

Individuelle Formunterschiede, und Unterschiede der Zusammensetzung, sind sehr häufig. Fünf Wirbel treten zum Kreuzbein zusammen etwa in der Hälfte der Fälle der Kreuzbeine, vier selten, häufiger sechs. Ein aus sieben Wirbeln zusammengesetztes bildet Frets ab. Auch Asymmetrien können vorkommen, sei es durch einseitiges Fehlen der ersten Sakralrippe oder durch einseitiges Auftreten einer starken Sakralrippe am fünften Lendenwirbel an Stelle des gewöhnlichen Rippenrudiments. Die beiden Gelenkflächen liegen in solchen Fällen in verschiedener Höhe und beeinflussen dadurch die Form des Beckens.

Frets, G., P., Das menschliche Sacrum. Morph. Jahrbuch 48. Bd. 1914. — Das europäische Kreuzbein ist absolut und relativ breiter als das außereuropäischer Rassen (Radlauer, Morph. Jahrb. Bd. 38).

Daß das Sacrum als synostosierte Wirbelgruppe der Anlagerung der Hüftbeine seinen Ursprung verdankt, wurde schon erwähnt. Auch an der Brustwirbelsäule kommen hier und da entsprechende Synostosen vor, sehr selten am Hals- und Lendenteil. Die Synostose oberer Brustwirbel geschieht wohl nicht ohne den Einfluß der oberen Extremitäten. Wie es geschieht, daß nicht zwei oder drei Sakralwirbel miteinander verschmelzen, sondern fünf, wird verschieden erklärt, z. B. durch die Annahme eines allmählich vollzogenen Vorrückens des Hüftbeinanschlusses von kaudalen Wirbeln auf mehr kranialwärts befindliche. Direkt ist auch der mächtige untere Bandapparat des Beckens für die Erklärung in Anspruch zu nehmen, welcher sich kaudal in derselben Art äußern muß, wie es kranial durch die oberen Bänder hart an der Gelenkstelle geschieht.

Die Foramina sacralia anteriora und posteriora entsprechen am Brustteil der Wirbelsäule jenen Pforten, welche lateral durch die Ligamenta costo-transversaria begrenzt werden (Henle).

ε. **Steißbein**, Os coccygis. Figg. 40—42.

Das Steißbein der Erwachsenen besteht in der Regel nur aus vier oder fünf, selten aus drei oder sechs Wirbeln. Da jedoch die Embryonalanlage neun ursprüngliche Steißwirbel erkennen läßt, so wäre hieraus leicht erklärlich, daß unter Umständen mehr als sechs Wirbel gefunden werden; indessen ist dies nicht einmal bei den sogenannten freien Wirbelschwänzen des Menschen die Regel.

Die einzelnen Steißwirbel nehmen kaudalwärts an Größe ab und werden dabei immer mehr rudimentär.

Der erste Wirbel besitzt noch stärkere Reste eines Bogens und ist bedeutend breiter als die folgenden. Seine beiden Endflächen verbinden sich durch Zwischen-

wirbelscheiben mit dem Kreuzbein und dem zweiten Steißwirbel. Zwei laterale Vorsprünge sind Reste von Querfortsätzen; zwei kraniale hörnerartige Vorsprünge, Cornua coccygea, sind Reste von kranialen Gelenkfortsätzen, welche den Cornua sacralia entgegenragen.

Der zweite Steißwirbel ist von dem dritten getrennt oder mit ihm verwachsen. Im mittleren Lebensalter werden die drei unteren Steißwirbel in der Regel zu einem Stück verwachsen vorgefunden; Furchen deuten die ursprüngliche Trennung noch an. Im vorgerückten Alter verwachsen alle Steißwirbel miteinander und endlich auch mit dem Kreuzbein, und zwar bei Männern früher als bei Frauen.

Der erste Steißwirbel kann schon zur Zeit der Synostosierung der Kreuzwirbel dem Schicksal der letzteren unterliegen und stellt dann einen sechsten Sakralwirbel vor.

b) Die Rippen und das Brustbein.

α. **Die Rippen,** Costae. Figg. 43—47, 52, 53.

Die Rippenrudimente des Hals-, Lenden- und Kreuzteiles der Wirbelsäule sind bereits geschildert worden. Es bleiben noch die Rippen des Brustteiles oder die Brustrippen zu betrachten. Deren sind zwölf symmetrische Paare vorhanden, welche jedoch selbst wieder untereinander ungleich sind, da sie verschiedene Stufen der Ausbildung erreichen. Gegenüber den mit den Wirbeln knöchern verbundenen unbeweglichen Rippenrudimenten sind die Brustrippen sämtlich freie, bewegliche Rippen. Wahre, echte Rippen im morphologischen Sinn sind sie alle, die unbeweglichen sowohl wie die freien; vollständige Reifen sind keine.

Die freien Rippen erreichen nicht alle das Brustbein, sondern in der Regel nur die sieben oberen Paare, Costae verae. Die übrigen fünf Paare sind Costae spuriae. Das elfte und zwölfte Paar ist von dem achten, neunten und zehnten Paar dadurch verschieden, daß die Knorpel dieser drei Paare sich zugespitzt je an den Knorpel der vorausgehenden Rippe anlegen und durch Bindegewebe mit ihm verbunden werden, während die Knorpel der elften und zwölften Rippe frei zwischen den Muskelblättern der Bauchwand endigen; die beiden letzten Rippenpaare sind daher die beweglichsten (Costae fluctuantes). Doch endet auch die zehnte Rippe hier und da frei und heißt dann Costa decima fluctuans.

An jeder Rippe unterscheidet man einen knöchernen Teil, Os costale, und einen knorpeligen, Cartilago costalis.

Es sind zuerst die knöchernen Rippen zu betrachten.

An jedem Rippenknochen, welcher eine elastische Spange darstellt, ist ein Köpfchen, Capitulum costae, ein Hals, Collum costae, ein Körper, Corpus costae, vorhanden.

Das Rippenköpfchen besitzt eine Facies articularis capituli, welche bei der zweiten bis zehnten Rippe durch eine quere Leiste, Crista capituli, in einen kranialen und einen kaudalen Teil geschieden wird, zur Anlagerung an die Fovea costalis sup., bzw. inf. der Wirbelkörper. An der ersten, elften und zwölften Rippe fehlt diese Leiste, es ist nur eine einheitliche Gelenkfläche vorhanden.

Lateral vom Capitulum folgt der verjüngte und komprimierte Rippenhals, Collum costae, welcher an einem dorsalwärts gerichteten Vorsprunge, Rippenhöcker, Tuberculum costae, endigt.

An den meisten Rippen bildet der kraniale Rand des Halses eine Kante, Crista colli costae. Mit dem Tuberculum costae beginnt der Rippenkörper. Das Tuberculum dient zur Anlagerung an die Fovea costalis transversalis am Querfortsatz des zugehörigen Wirbels und ist an den zehn oberen Rippen mit einer entsprechenden Gelenkfläche versehen, Facies articularis tuberculi costae. Die dorsal von ihr gelegene rauhe Stelle dient zur Anheftung eines Bandes.

Lateral vom Rippenhöcker ändert sich plötzlich die Richtung des Rippenkörpers mit einer rauhen hinteren Ecke, dem Rippenwinkel, Angulus costae, von lateral-kaudalwärts und dorsalwärts nach ventral. Der kaudale Rand des Rippenkörpers hat eine scharfe Kante, welche sich auf den Hals fortsetzt. Die Innenfläche des Körpers zeigt in ihrer kaudalen Abteilung den Sulcus costae, in welchem die Zwischenrippengefäße und -nerven in bestimmter Reihenfolge verlaufen.

Das ventrale Ende der Rippen ist etwas verdickt und grubig vertieft zur Aufnahme des Rippenknorpels.

Die Rippen nehmen an Länge von der ersten zur siebenten oder achten zu und von der achten oder neunten zur zwölften ab, so daß die zwölfte etwas größer, manchmal auch etwas kleiner ist als die erste. Die erste Rippe ist die breiteste, dann folgen der Breite nach die mittleren, die schmalste ist die zwölfte. Die Entfernung des Winkels vom Höcker nimmt von der zweiten bis elften allmählich zu, bei der ersten fällt der Winkel mit dem Höckerchen zusammen, bei der zwölften fehlen beide.

Die erste Rippe (Fig. 43), ist kürzer, breiter und stärker gekrümmt als alle anderen. Ihre beiden Flächen sind fast genau kranialwärts und kaudalwärts, ihre Ränder aus- und einwärts gerichtet. Das Köpfchen trägt eine einfache, leistenlose Gelenkfläche, der Hals ist rund und schlank. Sie steht nur mit dem Körper und dem Querfortsatz des ersten Brustwirbels in Gelenkverbindung. Ihre kraniale Fläche besitzt zwei seichte, durch eine Rauhigkeit oder ein Höckerchen getrennte, glatte Vertiefungen, dorsalwärts von ihnen ein größeres rauhes Feld. Letzteres dient dem M. scalenus medius zum Ansatz; die dorsale Furche, Sulcus subclaviae, ist durch die Lage der Schlüsselbeinschlagader bedingt, die ventrale durch die Lage der entsprechenden Vena subclavia. Die zwischen beiden glatten Stellen gelegene Rauhigkeit oder Erhebung, Tuberculum scaleni (Lisfranci), ist die Ansatzstelle des M. scalenus anterior. Die zweite Rippe ist länger als die erste und besitzt auf ihrer Außenfläche eine ansehnliche Rauhigkeit, Tuberositas costae II, für den Ursprung einer starken Zacke des M. serratus anterior.

Die elfte und zwölfte Rippe besitzen keine Furche am kaudalen Rande, kein Tuberculum, keine Leiste am Köpfchen und nur eine Gelenkfläche. Der Winkel ist an der elften nur angedeutet und fehlt der zwölften ganz. Fig. 44.

Betrachtet man die Rippenknochen in ihrer natürlichen Lage (Figg. 52, 53), so erkennt man, daß sie alle vom Köpfchen zur ventralen Medianlinie abwärts geneigt sind. Die Senkung ist am schwächsten zwischen Köpfchen und Winkel. Die Flächenkrümmung der Rippen tritt in der dorsalen Abteilung stärker hervor als ventral und ist am stärksten in der Umgebung des Winkels. Der Krümmungsradius ist hiernach dorsal kleiner als seitlich und ventral. Anfangs läuft die Rippe nicht nur lateral-, sondern auch dorsalwärts. Außer der Flächenkrümmung tritt an den Rippen noch eine Drehung um sich selbst hervor, eine Torsionskrümmung. Durch letztere wird bewirkt, daß die Rippen, während die meisten von ihnen in dem dorsalen Gebiet mit ihren Flächen nahezu senkrecht stehen, ventral mit der äußeren Fläche schräg kranialwärts gerichtet sind. Da auch eine Kantenkrümmung an den Rippen vorkommt — an der ersten Rippe ist diese die Hauptkrümmung —, so sind an den Rippen dreierlei Krümmungen zu unterscheiden: Flächen-, Torsions- und Kantenkrümmung. An den einzelnen Rippen sind diese Krümmungsarten in verschiedener Weise ausgesprochen.

Durch die Anfügung der Rippen an die Brustwirbel kommt es zu einer Erscheinung, welche uns schon bei den Hals- und Lendenwirbeln mit ihren Rippenrudimenten begegnet ist, dem Homologon des Foramen transversarium der Halswirbel, dem Foramen costotransversarium der Brustwirbel und ihrer Rippen. Diese wichtige Spalte ist fast vollständig von Bandmassen erfüllt.

Die Rippenknorpel, Cartilagines costales, sind unverknöchert gebliebene Teile der Rippen, gleich dem Gelenkknorpel des Rippenköpfchens. Sie besitzen sanft gewölbte Flächen und abgerundete Ränder. Ihre Länge nimmt vom ersten zum siebenten allmählich zu und von da zum zwölften rasch ab. Ihre Breite nimmt allmählich vom dorsalen zum ventralen Ende ab. Ihre Verlaufsrichtung ist sehr verschieden.

Der erste Rippenknorpel läuft gegen das Brustbein leicht kaudalwärts, der zweite liegt horizontal, alle übrigen, mit Ausnahme der beiden letzten, gehen von dem Rippenknochen zum Brustbein um so steiler kranialwärts, je weiter kaudal sie in der Reihe gelegen sind. Von dem fünften zum zehnten Rippenknorpel prägen sich dabei kaudalwärts stark konvexe Bögen, Rippenknorpelwinkel, aus, welche die Richtungsänderung der Knorpel bezeichnen, deren Anfangsstück die Richtung des Rippenknochens fortsetzt.

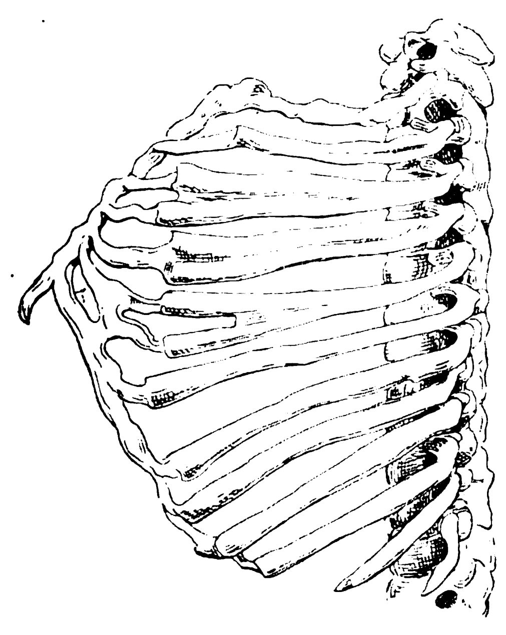


Fig. 45.
Dritte, vierte und fünfte knöcherne Rippe der linken, die fünfte der rechten Seite sind im ventralen Teil gespalten. (L. Bolk, 1901.)

Das dorsale Ende der Rippenknorpel ist in die Grube der Rippenknochen eingefügt und fest damit verbunden. Das ventrale Ende verhält sich verschieden. Der erste Rippenknorpel verbindet sich mit dem Brustbeinhandgriff (Fig. 52) unmittelbar, ohne Gelenkbildung, doch kann auch hier eine kleine Gelenkspalte vorkommen. Vom zweiten zum siebenten geschieht die Sternalverbindung unter Gelenkbildung. Die Knorpel der Costae spuriae verhalten sich in der bereits oben angegebenen Weise: der achte, neunte und zehnte Rippenknorpel nämlich legt sich zugespitzt je an seinen Vorgänger an und wird durch Bindegewebe an ihm befestigt.

Die Knorpel der sechsten, zuweilen schon der fünften bis zur neunten Rippe schicken im Zwischenrippenraum einander knorpelige Fortsätze entgegen, obere und untere Gelenkfortsätze, unter Bildung echter Rippenknorpelgelenke, Articulationes interchondrales.

Die Knorpel der elften und zwölften Rippe endigen frei in den muskulösen Schichten der vorderen Bauchwand.

Die zehnte Rippe endet häufiger frei als früher angenommen wurde. Bei der Züricher Landbevölkerung ist das der Fall bei 74 Proz., wobei noch in 9 Proz. auch die neunte Rippe frei endet. H. Frey, Corresp.-Blatt f. Schweizer Ärzte 1918. Da die Costa decima fluctuans bei Ungarn (Stiller) eher selten, bei Japanern (Bälz) ziemlich häufig ist, sind vielleicht Rassenverschiedenheiten vorhanden.

Gelenkverbindungen zwischen sechstem und siebentem sowie zwischen siebentem und achtem Rippenknorpel kommen fast regelmäßig vor. (Frey).

Eine Gelenkverbindung zwischen den Knorpeln der fünften und sechsten Rippe ist nach von Bardeleben beiderseits in 38 Prozent der Fälle vorhanden. Das beiderseitige Fehlen der Gelenkverbindung ist gerade so häufig, wie ihr beiderseitiges Vorkommen.

Acht sternale Rippen sind nach Frey in 12,5 Proz., sieben in 86 Proz., sechs in 1,5 Proz. vorhanden (vergl. die Angaben von Adolphi S. 56).

Verschiedenheiten: Zwölf Rippen sind vorhanden in 94 Proz., 13 Rippen in 3,5 Proz., 11 Rippen in 2,5 Proz. (Frey.) Vermehrung der Rippenzahl kommt bei Männern häufiger vor als bei Frauen. Die zwölfte Rippe kann sehr klein sein oder ganz fehlen; sie kann aber auch an

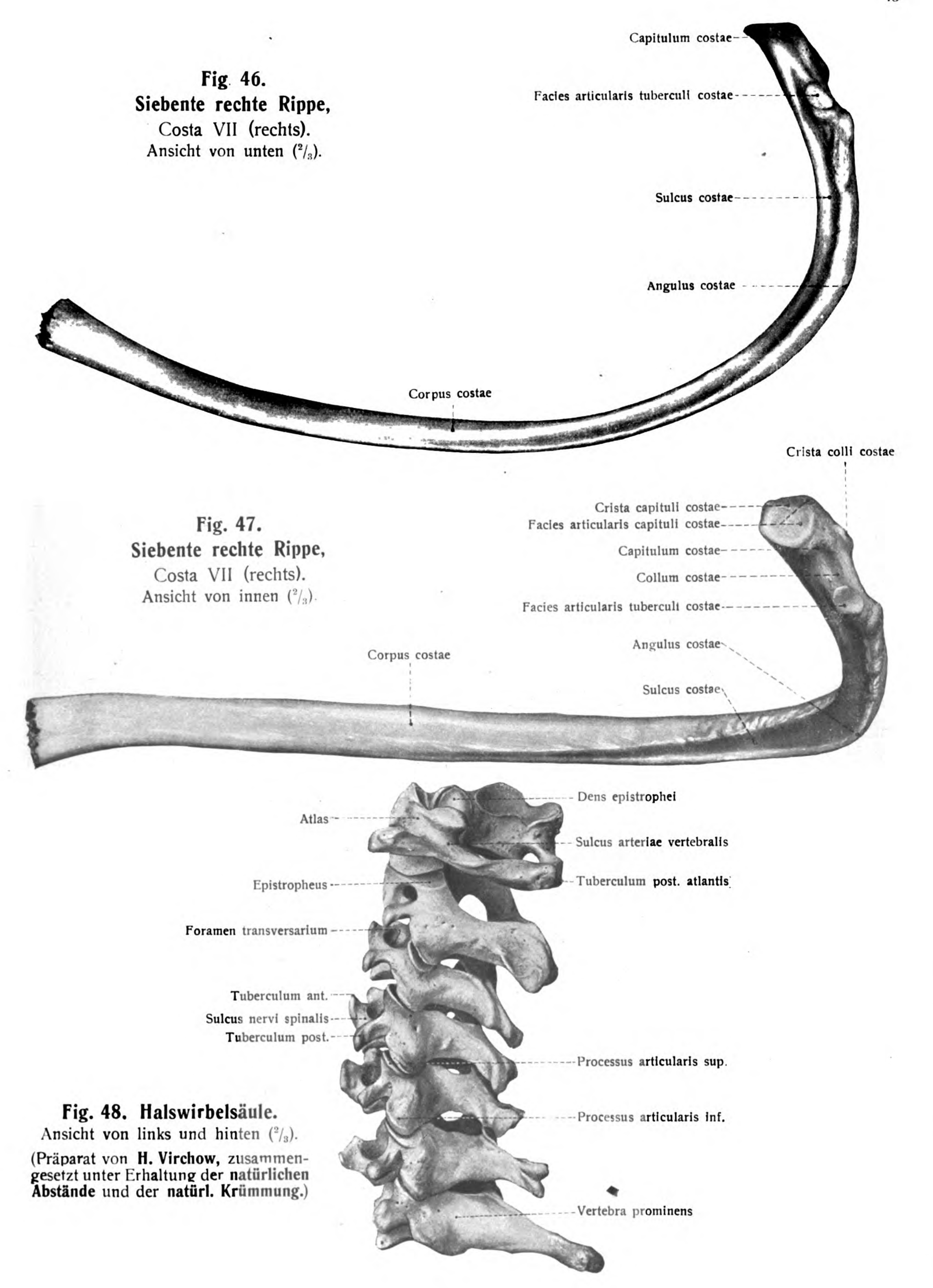


Fig. 46.
Siebente rechte Rippe,
Costa VII (rechts).
Ansicht von unten ($^2/_3$).

Fig. 47.
Siebente rechte Rippe,
Costa VII (rechts).
Ansicht von innen ($^2/_3$).

Fig. 48. Halswirbelsäule.
Ansicht von links und hinten ($^2/_3$).
(Präparat von **H. Virchow,** zusammengesetzt unter Erhaltung der **natürlichen Abstände** und der **natürl. Krümmung.**)

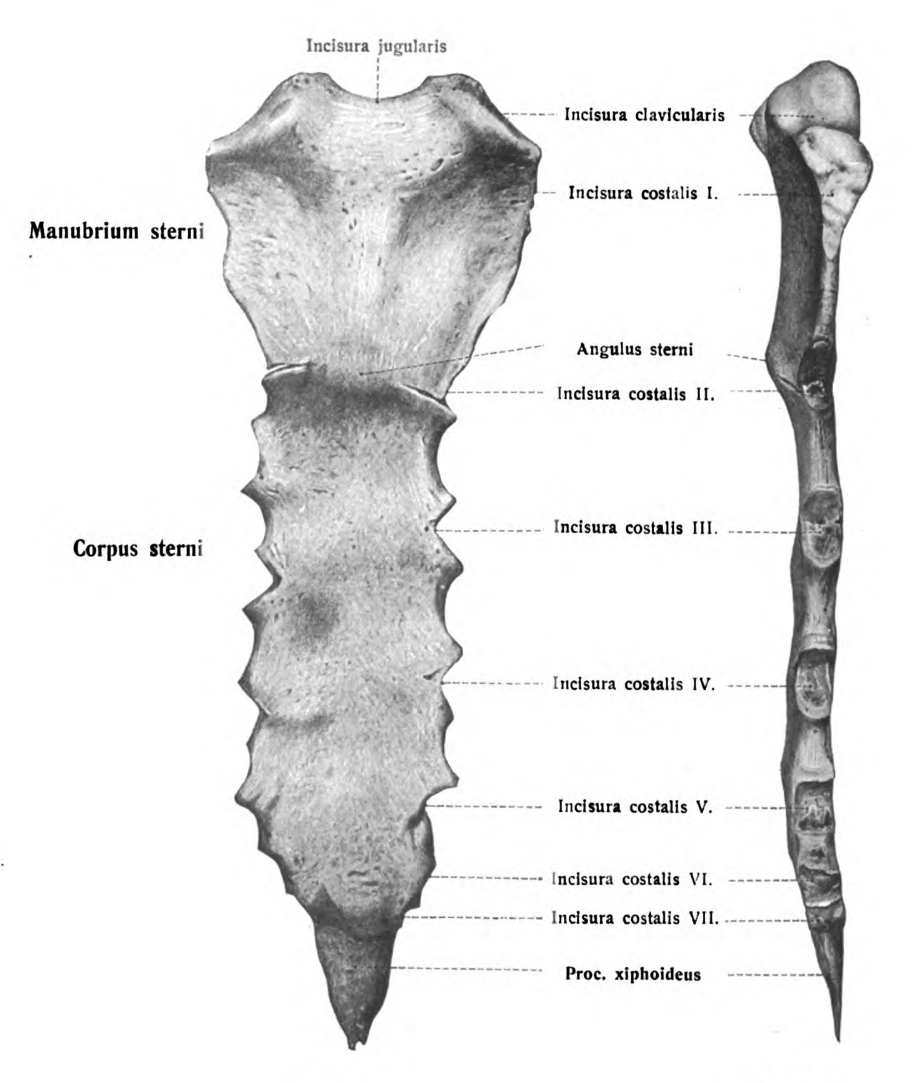


Fig. 49. **Fig. 50.**

Figg. 49, 50. **Brustbein,** Sternum,
Fig. 49 von vorn; Fig. 50 von der linken Kante ($^{2}/_{3}$).

Länge zunehmen, wenn eine freie erste Lendenrippe sich ausgebildet hat. Die erste Rippe kann fehlen (an einem Präparat der anat. Sammlung, Berlin).

Zu einer 13. Rippe kann es auch kommen durch Ausbildung einer freien letzten Halsrippe. In der Fortsetzung der Knorpel der zehnten, elften (am häufigsten) oder zwölften Rippe können im M. obliquus internus abdominis Inscriptiones tendineae vorkommen, die manchmal kleine Knorpelstäbe enthalten (Frey). Seltener werden knöcherne Rippen gefunden, welche in ihrem ventralen Teil stark in die Breite ausgedehnt oder gespalten sind. Besonders die vierte Rippe neigt zu solchen Abarten. Hier und da wird es beobachtet, daß zwei oder mehr Rippen eine Strecke weit mit ihren Rändern verschmelzen. An allen derartigen Fällen sind wahrscheinlich kleinere Varietäten der Ursegmente ursächlich beteiligt.

Die Mehrzahl der Affen hat 13 Rippenpaare.

Der erste Rippenknorpel, in geringerem Grade die übrigen, neigen beim Erwachsenen zur Verkalkung. Beim Weibe, dessen kostale Atmung ausgebildeter zu sein pflegt, ist diese Neigung geringer.

Einen merkwürdigen Fall von gabelig geteilten Rippen, verbunden mit kleinen interkalaren Knochen im Gebiet der Wirbelsäule, beschrieb L. Bolk (in „Petrus Camper" I, 1901); s. Fig. 45.

Frey, Hedwig, Beitrag zum Umbildungsprozeß des Brustkorbes. Vierteljahrsschrift Naturforsch. Ges. Zürich, 63. Jahrg. 1918.

β. **Das Brustbein,** Sternum. Figg. 49—52.

Das Brustbein nimmt die Mitte am ventralen Teil des Brustkorbes ein. Es verläuft dabei schräg kaudalwärts und ventralwärts. Es ist mit dem übrigen Skelet durch die Knorpel der sieben oberen Rippenpaare verbunden, während es selbst den beiden Schlüsselbeinen zur Befestigung dient.

Namentlich dieser letztere Umstand bewirkt, daß der kraniale Teil des Brustbeins, der Handgriff, Manubrium, eine so bedeutende Ausbildung erfahren hat, wie Tiere beweisen. Diejenigen, welche eine kräftige Clavicula besitzen, haben auch ein entsprechendes Manubrium; bei verkümmerter Clavicula bleibt auch das Manubrium dürftig.

An das Manubrium sterni schließt sich der Körper, Corpus sterni, an, welcher gewöhnlich bis zum mittleren Lebensalter vom Manubrium getrennt bleibt und durch Faserknorpel mit ihm verbunden ist, Synchondrosis sternalis (sup.) Diese Stelle springt nach vorn vor und heißt Angulus sterni. Das letzte Segment, Schwertfortsatz, Processus xiphoideus, bleibt gewöhnlich bis zur Pubertätszeit vollständig, in späterem Alter wenigstens teilweise knorpelig.

Das Brustbein ist in sagittaler Richtung abgeplattet, der Länge nach vorn leicht konvex. Der Handgriff ist in seinem kranialen Teil am breitesten und verschmälert sich rasch gegen sein kaudales Ende, welches den Körper aufnimmt. Der Körper verbreitert sich in seinem Mittelteil, um an seinem kaudalen Ende erheblich schmaler zu werden.

Der Handgriff ist der dickste Teil des Knochens. Sein kranialer Rand zeigt drei Einschnitte, deren mittlerer den Namen Incisura jugularis führt. Die seitlichen starken Ausschnitte dienen zur Anlagerung der Schlüsselbeine und heißen daher Incisurae claviculares. Dicht an letztere angefügt folgt am Beginn des Seitenrandes eine rauhe Vertiefung zur Aufnahme des ersten Rippenknorpels, Incisura costalis prima. Am kaudalen Ende des Seitenrandes des Manubrium folgt die Incisura costalis secunda; die zweite Hälfte des Ausschnittes für den zweiten Rippenknorpel gehört dem kranialen Teil des Corpus sterni an. In der Synchondris sternalis bildet sich manchmal eine Gelenkhöhle aus.

Der Körper besitzt an seiner ventralen Fläche, Planum sternale, drei quere Leisten, als Ausdruck der zwischen vier Stücken stattgehabten Synostosen.

Die dorsale Fläche ist gleich der des Manubrium mehr gleichförmig und glatt. Die Seitenränder sind je mit einer halben und fünf ganzen Gruben, Incisurae costales, für die zweiten bis siebenten Rippenknorpel ausgestattet. Die für den sechsten und siebenten Knorpel bestimmten liegen dicht beieinander, so daß die siebente Grube dicht an den Schwertfortsatz grenzt und oft von ihm ergänzt wird. Der Knorpel der siebenten Rippe lagert sich dabei gewöhnlich etwas vor den Schwertfortsatz.

Der Schwertfortsatz, welcher das letzte Segment des Knochens darstellt, ist der wechselndste Teil. In seiner einfachsten Form ist er ein dünnes, spatelförmiges Gebilde, welches zwischen den siebenten Rippenknorpeln kaudalwärts zieht. Er ist öfter gabelförmig gespalten, von einem Loche durchbohrt, bald nach vorn, bald nach hinten gebogen. Im höheren Alter synostosiert er mit dem Körper.

Abarten: In seltenen Fällen werden noch zwei Knöchelchen, Ossa suprasternalia (Fig. 51) gefunden, welche dem kranialen Rand des Manubrium aufliegen. Es sind rudimentäre Gebilde von vergleichend anatomischer Bedeutung, insofern sie einem Episternum entsprechen. — Der Schwertknorpel kann appendikulare Knorpelstückchen tragen.

Das Sternum zeigt sehr verschiedene Grade der Mächtigkeit bei verschiedenen Individuen. Von breiten ansehnlichen Platten bis zu schmalen unscheinbaren Stäben gibt es alle Zwischenstufen. Seine Länge weicht aber kaum vom Mittel ab selbst bei beträchtlicher Verschiedenheit der Rumpflänge (H. Frey 1918). Am kaudalen Teil können. Einbiegungen vorkommen, welche künstlich hervorgerufen sind (z. B. durch das Andrücken des Leistens bei Schustern). Das Sternum kann teilweise oder der ganzen Länge nach gespalten sein; hierher gehört auch das häufige Loch des Schwertfortsatzes. Die Längsspaltung, Fissura sterni congenita, und die geringeren Grade derselben sind Erscheinungen, welche alle auf demselben Grunde ruhen und an embryonale Zustände anknüpfen, in welchen das Sternum aus zwei knorpeligen Hälften bestand. Hierüber, sowie über die morphologische Stellung des Sternum, wird an späterer Stelle die Rede sein. Die Ansätze der Rippenknorpel an das Sternum zeigen (nach Markowski) zahlreiche Asymmetrien. In der Mehrzahl der Fälle inserieren die linken Knorpel tiefer unten als die rechten (55,6 Proz.). — Paterson, The human sternum. — Eggeling, Verh. anat. Ges. 1903 und Festschrift für E. Häckel, Jena, 1904. — Markowski, J., Über den asymmetrischen Bau des Brustbeins. Polnisches Arch. f. biol. u. med. Wiss. Bd. II, 1905.



Fig. 51.
Brustbein mit **Ossa suprasternalia**, von der dorsalen Fläche gesehen. (Eggeling.)

Der Brustkorb, Thorax. Figg. 52, 53.

Der Brustkorb ist eine Knochen- und Bänderkombination, an deren Zusammensetzung die zwölf Brustwirbel, die zwölf thorakalen Rippenpaare mit ihren Knorpeln und dem Sternum, sowie ein verwickelter Bandapparat sich beteiligen (Figg. 52 und 53). Er stellt einen geräumigen Behälter, Cavum thoracis, dar von der Gestalt eines abgestutzten, in sagittaler Richtung abgeplatteten Kegels und läßt eine ventrale und eine dorsale Wand, zwei Seitenwände sowie eine kraniale und kaudale Öffnung, Apertura thoracis superior et inferior, unterscheiden. Die ventrale, kürzere Wand wird durch das Sternum und die Rippenknorpel, die dorsale, längere Wand durch die Brustwirbelsäule und die dorsalen bis zum Rippenwinkel reichenden Teile der Rippen, die Seitenwände durch die ventralen Teile der Rippenknochen gebildet. Die abgeplattete, ventral-kaudalwärts geneigte Ventralfläche führt den Namen Planum sternale. Die Dorsalfläche zeigt die Längsleiste der durch ihre Bänder verbundenen Dornfortsätze, die zwischen ihr und der Reihe der Querfortsätze gelegenen Sulci dorsales jeder Seite, ferner den Sulcus costoverte-

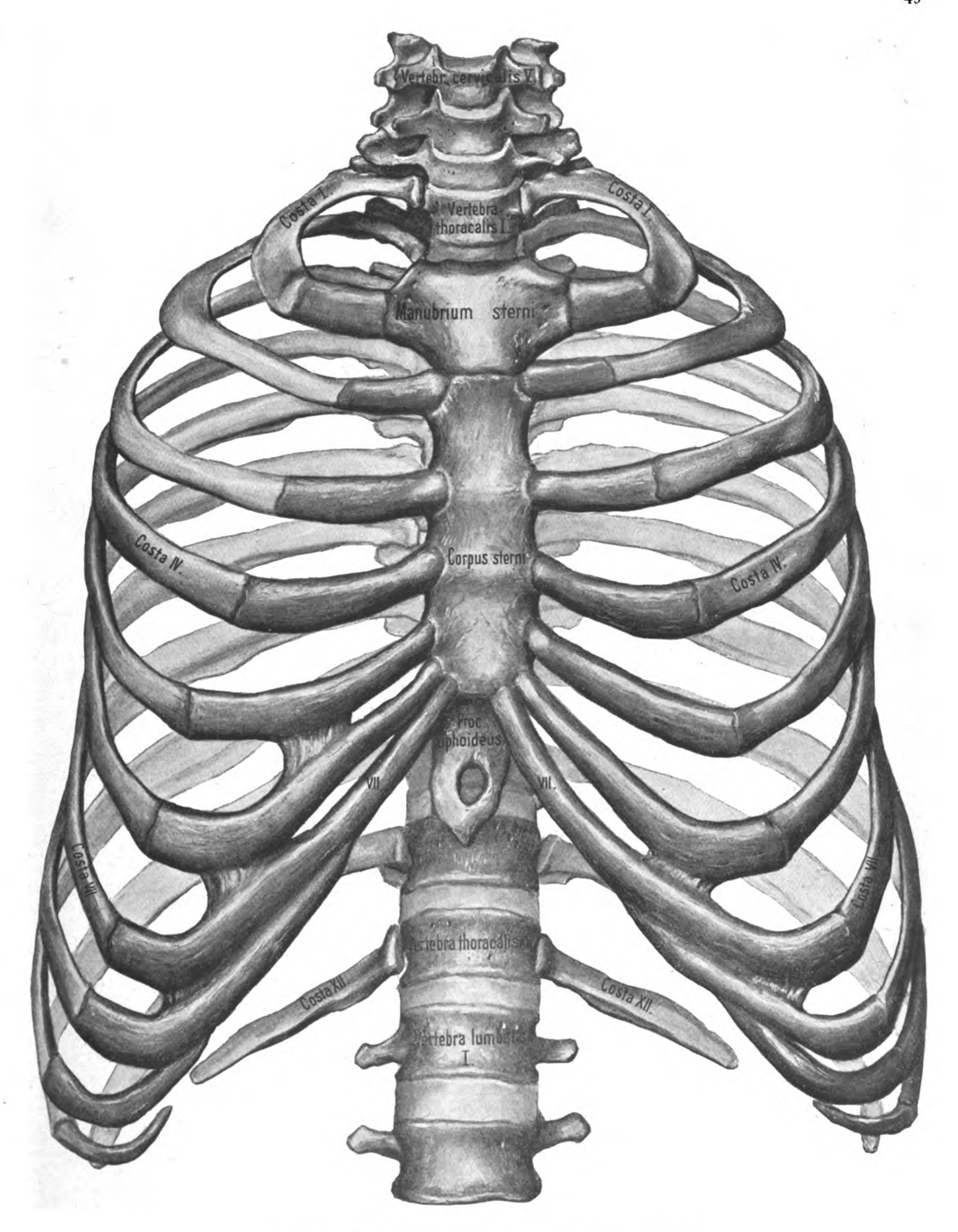


Fig. 52. Brustkorb, Thorax, eines Mannes ($^1/_2$).
(Präparat von **H. Virchow,** zusammengesetzt unter Erhaltung der natürlichen Form und Ergänzung der Rippenknorpel.)

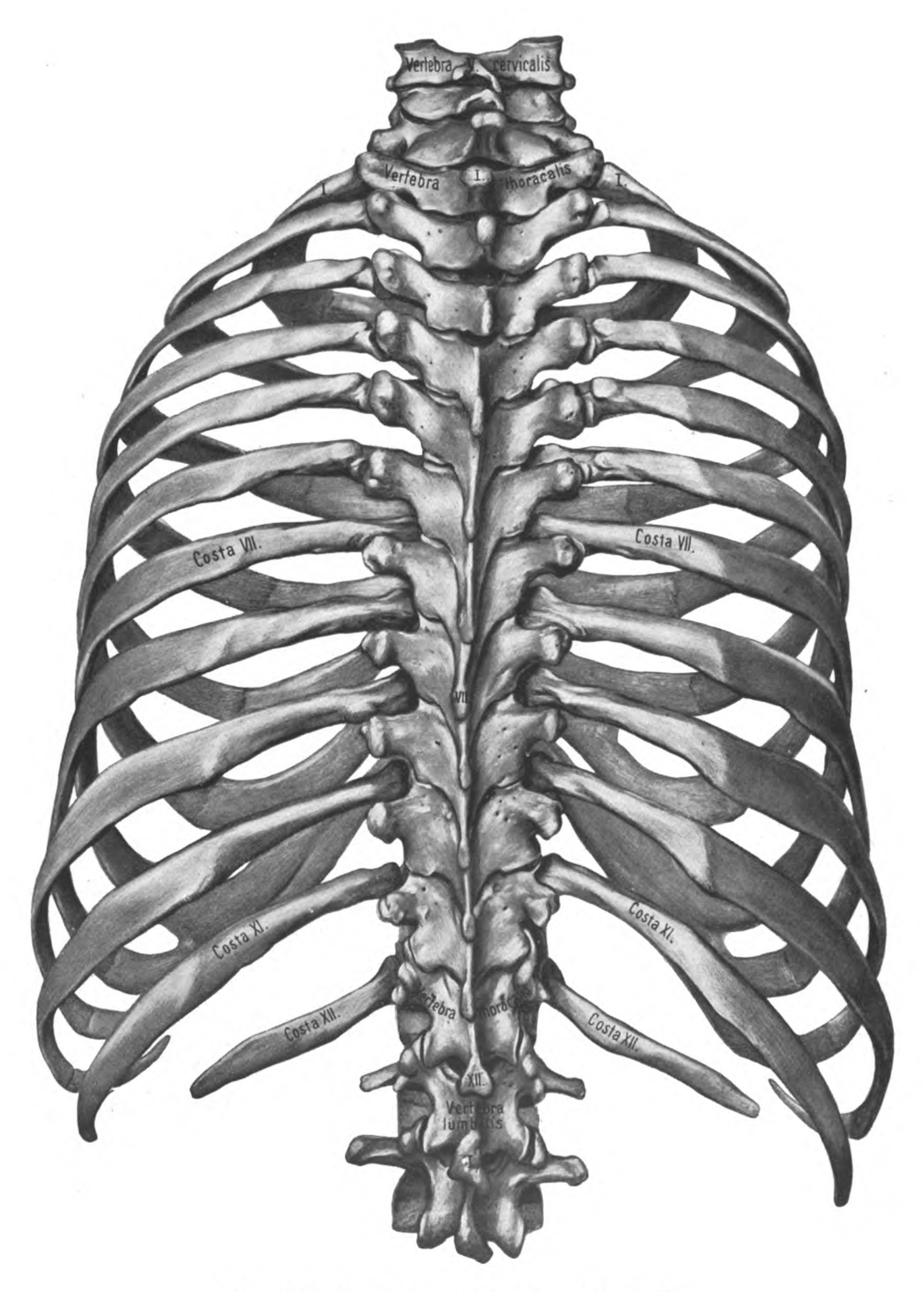


Fig. 53. Brustkorb, Thorax, eines Mannes (1/2).
(Präparat von **H. Virchow**, zusammengesetzt unter Erhaltung der natürlichen Form und Ergänzung der Rippenknorpel.)

bralis minor, zwischen den Spitzen der Querfortsätze und dem angrenzenden Teil der Rippen, und den Sulcus costovertebralis major zwischen den Dornfortsätzen und den Anguli costarum. Die Rippenknochen bilden symmetrische von kranial nach kaudal verlaufende schraubenförmige Gänge, jedes Paar von besonderer Art, sowie auch von den Rippenknorpeln jedes Paar seine besondere Form und Verlaufsweise besitzt. (S. 44.) Die dorsalen Rippenteile ziehen vor allem lateral-dorsalwärts, mit nur geringer Neigung kaudalwärts. Erst vom Angulus an beginnt die Neigung nach ventral stärker zu werden. Diese Neigung ist zugleich eine fächerförmige, indem die Rippenknochen ventralwärts divergieren. Die letzte Rippe hat ungefähr die Richtung auf den kranialen Rand der Symphysis ossium pubis hin.

Die Zwischenrippenräume, Spatia intercostalia, in ganzer Länge betrachtet, sind im kranialen und kaudalen Abschnitt des Thorax kürzer und breiter; auch sind sie dorsal breiter als ventral; am breitesten aber an der Grenze von Knochen und Knorpel.

Die Apertura thoracis superior ist eng, queroval (herzförmig), wird vom Körper des ersten Brustwirbels, welcher sie einbuchtet, vom ersten Rippenpaar und dem Brustbeinhandgriff begrenzt und liegt in einer ventralwärts abschüssigen Ebene, welche sich an das Planum sternale anschließt. Eine von der Incisura jugularis dorsalwärts gezogene Gerade trifft auf den dritten Brustwirbel.

Die Apertura thoracis inferior ist bedeutend weiter als die kraniale, hat größeren Sagittal- und Querdurchmesser, und wird ventral begrenzt vom Schwertfortsatz sowie von dem Rippenbogen, Arcus costarum, jeder Seite, welcher eine kaudalwärts konvexe Linie darstellt. Von der zehnten zur elften und von der elften zur zwölften Rippe ist der Bogen offen; er folgt endlich dem kaudalen Rand des zwölften Rippenpaares zur Wirbelsäule. Die beiden Arcus costarum lassen ventral einen großen, kaudalwärts offenen Winkel zwischen sich, Angulus infrasternalis des Thorax, dessen Bogenwert einem rechten Winkel sich mehr oder weniger nähert. In diesen Winkel ragt der Schwertfortsatz in der vorderen Mittellinie eine Strecke weit hinein. Eine gerade von ihm dorsalwärts gezogen trifft auf den neunten Brustwirbel.

Betrachtet man den Binnenraum des Thorax, Cavum thoracis, so fällt vor allem der starke mediane Vorsprung auf, welcher durch die Reihe der Brustwirbelkörper bedingt ist. Er erscheint dadurch um so bedeutender, daß links und rechts die Rippen bis zum Angulus stark dorsalwärts zurückweichen und die Lungenfurchen, Sulci pulmonales, bedingen. Das starke Hineinragen der Wirbel in den Thoraxraum hat auch den Erfolg, das Gewicht der Organe mehr rund um die Wirbelsäule zu sammeln.

Dimensionen: Die Länge der ventralen Wand des Thorax beträgt gegen 16—19 cm, die der dorsalen 27—30 cm, die dei lateralen 32 cm. Der Querdurchmesser des Eingangs hat 9—11 cm, zwischen dem sechsten Rippenpaar 20—23 cm, zwischen dem zwölften Rippenpaar 18—20 cm. Der sagittale Durchmesser des Eingangs beträgt 5—6, des Ausgangs in der Höhe des Schwertfortsatzes 15—19 cm.

Die individuellen Verschiedenheiten sind, abgesehen von krankhaften Formen, sehr bedeutend. Auch Geschlechtsverschiedenheiten sind vorhanden. Der weibliche Thorax ist im allgemeinen kürzer aber weiter. Sehr auffallend sind die Altersunterschiede der Form, abgesehen von der Größe. Die Thoraxform des Neugeborenen läßt noch den Typus der embryonalen Form erkennen. Der sagittale Durchmesser ist hier relativ sehr bedeutend, der Querdurchmesser

klein; die Rippenspangen haben eine sehr geringe Neigung kaudalwärts, laufen also fast quer. Die seitlich komprimierte Form des fetalen Thorax erinnert an die Thoraxform der Säugetiere.

Einen entgegengesetzten Charakter hat die senile Form des Thorax. Sie ist gekennzeichnet durch eine stärkere Krümmung der Brustwirbelsäule, als sie der normalen Form des Erwachsenen zukommt; durch stärkere Senkung aller Rippen und damit einhergehende vordere Abflachung und seitliche Verlängerung; durch Verengerung des Angulus infrasternalis zu einem sehr spitzen Winkel; durch Verminderung des Umfangs der Apertura thoracis inf.

Die Thoraxform des Weibes erfährt weitverbreitet eine die Gesundheit schädigende künstliche Verunstaltung durch das Schnüren vermittelst des Schnürleibes. Nicht viel geringer ist übrigens die üble Einwirkung der abdominalen Befestigung der Röcke, worauf Meinert hingewiesen hat. Beide Übelstände lassen sich mit einem Schlage beseitigen durch die Befestigung der Röcke an den Oberkleidern.

Die Einbettung der Lungen in den Raum des Thorax hat dessen Wände in tätige Beziehung zur Respiration gebracht. Die kaudale Wand desselben wird durch eine kranialwärts gewölbte Muskelplatte, das Zwerchfell, gebildet, welches durch seine Exkursionen den Innenraum vergrößert und verkleinert. Aber auch die übrigen Wände sind mehr oder weniger ausgiebig damit betraut, durch rhythmische Bewegungen den Raum abwechselnd zu erweitern und zu verengern; es geschieht dies durch Muskeln, welche auf die Rippen und das Brustbein einwirken. Die kaudalwärts geneigte Lage der Rippen, welche für den ersten Anblick so bedeutungslos zu sein scheint, hat für die Erfüllung dieser Aufgabe den größten Wert. Zwei Momente sind es nun, welche auf Grund dieser Rippenneigung bei der Inspirationsbewegung in Frage kommen: 1. Hebung der Rippen und 2. Streckung ihrer Knorpel.

Hebung der Rippen vergrößert die Kapazität des Thoraxraumes in leicht erkennbarer Weise. Der Erfolg wird aber verstärkt durch Streckung der Rippenknorpel, welche das Sternum möglichst weit nach vorn stoßen.

Der menschliche Thorax ist nach v. Bardeleben (Anat. Anz. 1899) und nach Markowski (1905) in einer rückschreitenden Entwicklung begriffen, welche vom unteren Ende ausgeht und bei der gewöhnlichen Zahl von 7 sternalen Rippen bereits das fünfte Rippenpaar ergriffen hat. Die Rückbildung ist links weiter vorgeschritten als rechts (Markowski, Polnisches Arch. f. biol. u. med. Wiss., Bd. II, 1905). Vergl. dazu S. 61 H. Frey und Stieve.

Die knöcherne Wirbelsäule als Ganzes. Figg. 48, 54—60.

Die Knochen des Rumpfskelets treten, wie aus der vorhergehenden Einzelbetrachtung hervorgeht, in sehr verschiedener Ausbildungsstufe auf. Man vergleiche nur die beiden Enden der Stufenreihe, *a* und *e* der Fig. 54. Es ist aber zum Begriff eines Wirbels nicht einmal die Punktstufe *e* erforderlich, obwohl

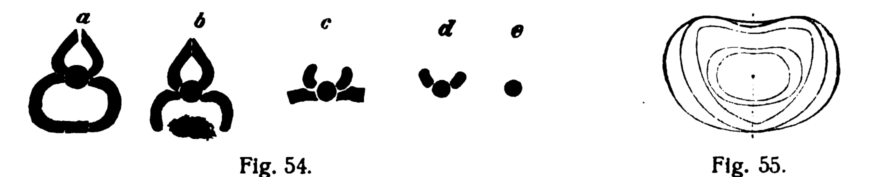


Fig. 54. Fig. 55.

Fig. 54. **Schema der verschiedenen Ausbildung der Wirbel und Rippen.** *a* beide Ringe vollständig; *b* ventraler Ring unvollständig; *c* beide Ringe unvollständig; *d* Fehlen der ventralen Bögen; *e* Fehlen beider Bögen. (Nach Pansch.)

Fig. 55. **Endflächen der Wirbelkörper** ineinander gezeichnet, um die Art der allmählichen Größenzunahme zu zeigen. Die Peripherien gehören, von innen nach außen aufgezählt, an: dem III. Halswirbel, dem VII. Halswirbel, dem VI. Brustwirbel, dem XII. Brustwirbel und dem V. Lendenwirbel. (Nach H. Meyer.)

sie nur das Rudiment eines Wirbelkörpers bedeutet. Dieses Rudiment ist nämlich bereits ein knöchernes Gebilde, es geht ihm ein knorpeliges voraus. Sogar letzteres kann in der Reihe der Wirbeltiere fehlen und statt seiner ein aus irgend einer Bindesubstanz bestehendes neurales Bogenstück vorhanden sein; oder statt

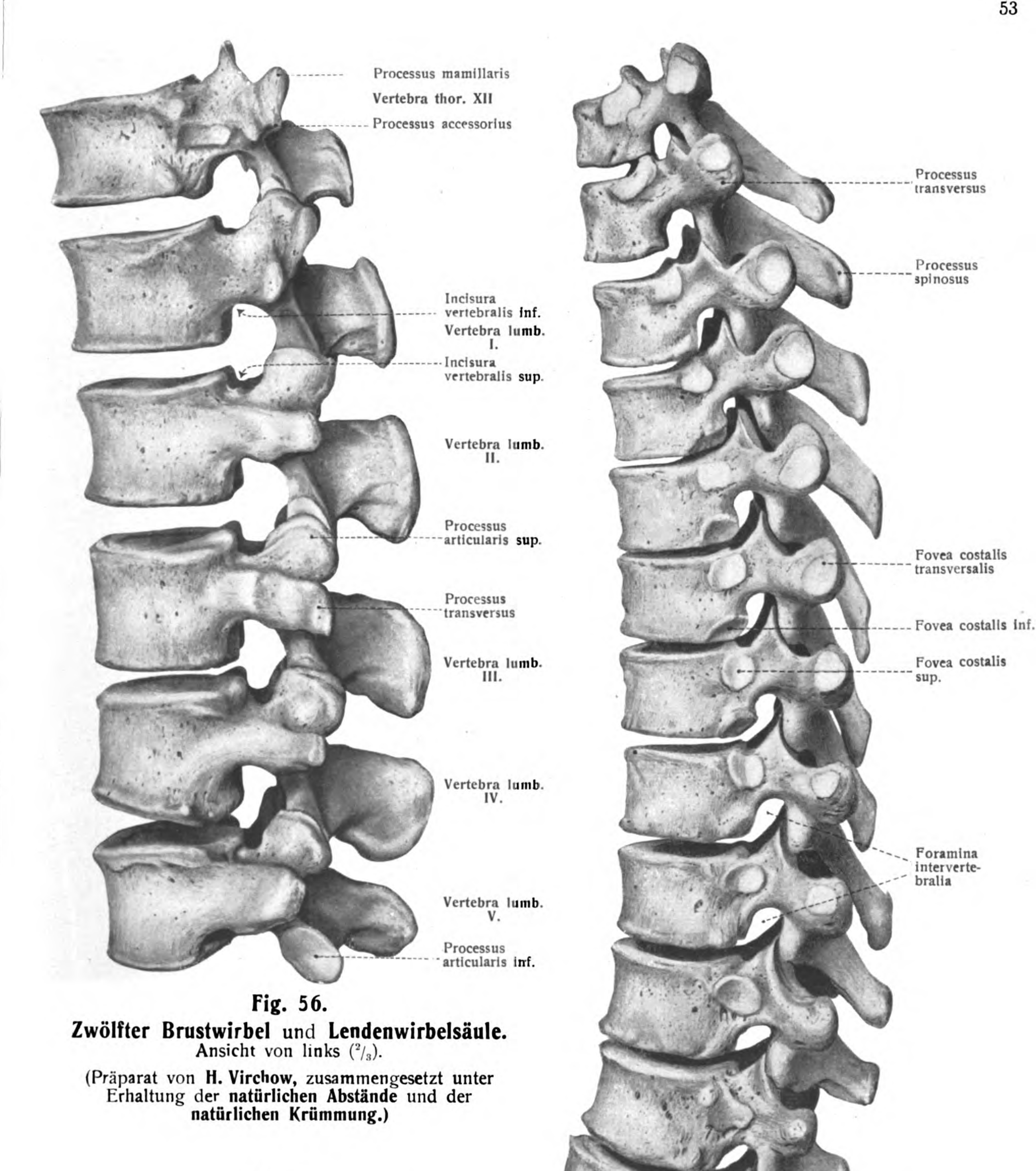


Fig. 56.
Zwölfter Brustwirbel und **Lendenwirbelsäule.**
Ansicht von links ($^2/_3$).
(Präparat von **H. Virchow,** zusammengesetzt unter Erhaltung der **natürlichen Abstände** und der **natürlichen Krümmung.)**

Fig. 57.
Brustabschnitt der Wirbelsäule.
Ansicht von links ($^2/_3$).
(Präparat von **H. Virchow,** zusammengesetzt unter Erhaltung der **natürlichen Abstände** und der **natürlichen Krümmung.)**

Fig. 57.

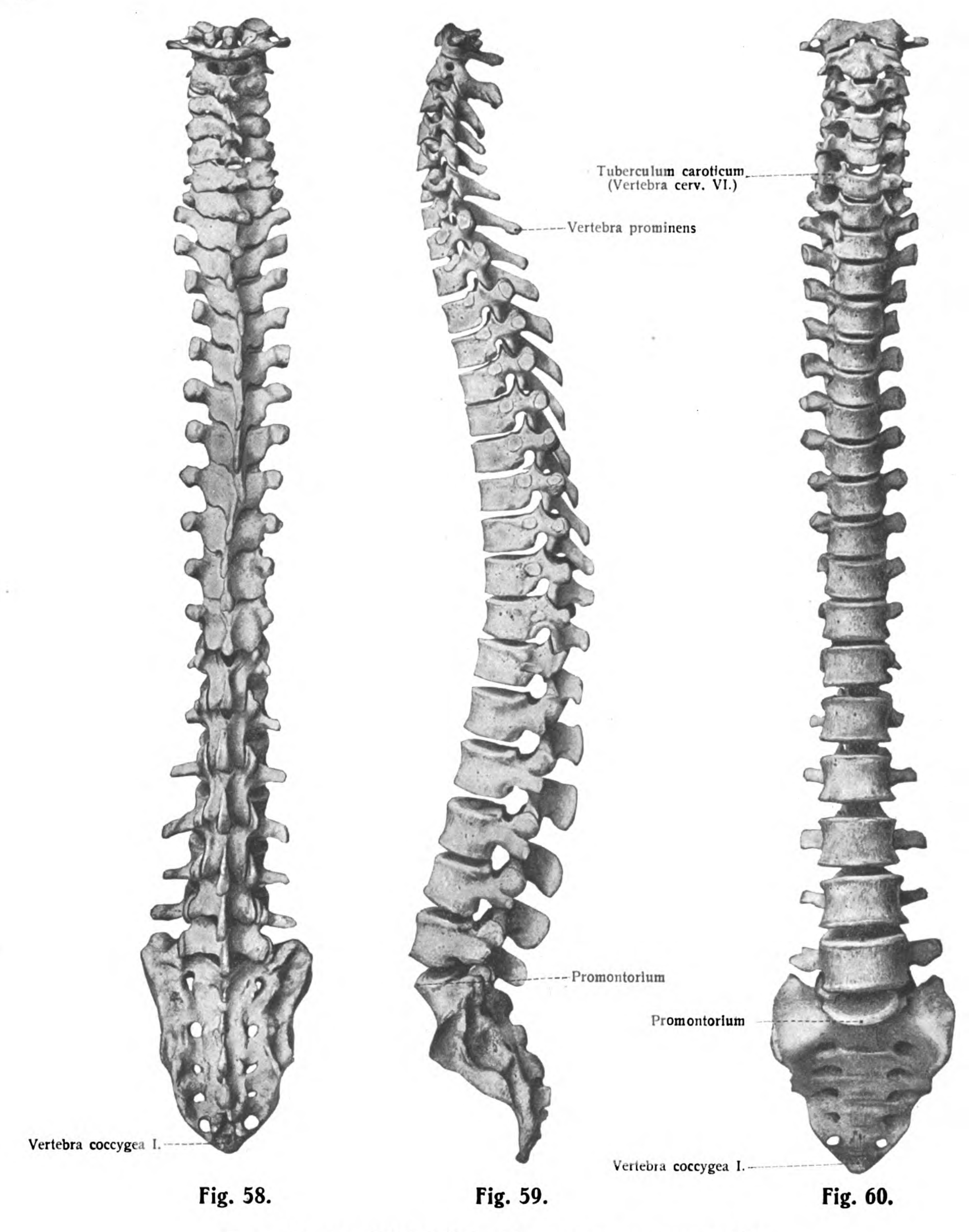


Fig. 58. **Fig. 59.** **Fig. 60.**

Figg. 58—60. **Wirbelsäule,** bis vertebra coccygea I ($^{1}/_{4}$).
Fig. 58 von hinten; Fig. 59 von links; Fig. 60 von vorn.
(Nach einem Präparat von **H. Virchow,** zusammengesetzt unter Erhaltung der **natürlichen Abstände** und der **natürlichen Krümmung.)**

der neuralen Bögen Rudimente von Rippenbögen; immer noch ist der Begriff des Wirbels, als metamere Anordnung der axialen Bindesubstanz, gegeben.

Das Schema *a* ist in der Brustgegend des Rumpfes verwirklicht. Das Schema *b* teils im kaudalen Teil der Brustgegend, teils an der ganzen Hals-, Lenden- und dem größten Teil der Kreuzwirbelsäule. Die Schemata *c*, *d* und *e* gehören dem letzten Kreuz- und den Steißwirbeln an. In der Gegend des Mittelpunktes aller Kreisflächen ging in früher Embryonalzeit einmal die Chorda dorsalis durch.

Eine deutliche Vorstellung der wechselnden Größen- und Formverhältnisse der Wirbelkörper, zunächst ihrer Endflächen, gibt Fig. 55.

Folgende Maße geben weiteren Aufschluß über die Größenverhältnisse der Wirbelkörper.

Die Höhe der Wirbelkörper nimmt vom dritten Hals- bis fünften Lendenwirbel von 14 auf 29 mm zu; der Sagittaldurchmesser von 14 auf 35, der quere von 21 auf 55 mm (Henle). Die Körper der Brustwirbel sind ventral durchschnittlich 2 mm niedriger als dorsal.

Der Durchmesser des Wirbelkanals beträgt:

in dorsoventraler Richtung

im Halsteil	14 mm,
im Rücken- und Lendenteil	16 „
quer an den Halswirbeln	20 „
quer bei den übrigen	16 „

Der Querschnitt des Wirbelkanals beträgt:

am zweiten Halswirbel	3,8 qcm,
am siebenten Halswirbel	2,9 „
in der Mitte der Brustwirbelsäule	2,3 „
am fünften Lendenwirbel	3,2 „
am dritten Kreuzwirbel	0,8 „ (Aeby).

Das Gewicht der Wirbel des frischen Skelets zeigt folgende Tabelle:

die sieben Halswirbel 144 g,	siebenter (28),	dritter	(16),
„ zwölf Brustwirbel 623 „	zwölfter (84),	zweiter und dritter	(34),
„ fünf Lendenwirbel 526 „	dritter (112),	fünfter	(100).

Mittel 54 g (Dursy).

Ansicht der Wirbelsäule von verschiedenen Seiten.

Bei der Frontalansicht der Wirbelsäule (Fig. 60) bemerkt man, daß der durch die Wirbelkörper gebildete Stamm vom zweiten Halswirbel bis zum ersten Brustwirbel an Breite zunimmt. Hier hört die Breitenzunahme auf und es folgt ihr eine oft sehr merkliche Verschmälerung, welche bis zum vierten und fünften Brustwirbel hinabreicht. Erst von hier an nimmt die Breite wieder allmählich zum Kreuzbein zu. Das kaudale Ende des ersten Kreuzwirbelkörpers ist schon beträchtlich schmaler geworden, als seine kraniale Endfläche. Langsam vermindert sich die Breite gegen die kaudalen Kreuzwirbel, um endlich am letzten Steißwirbel mit kaum 1 cm Durchmesser abzuschließen.

Die Abnahme der Breite im Gebiet des zweiten und vierten Brustwirbels erklärt sich einmal aus der Zunahme des sagittalen Durchmessers der Brustwirbel; sodann tritt die Breite des ganzen Brustkorbes ergänzend für die geringere Breite der Brustwirbelsäule ein; endlich aus der Breitenzunahme des kaudalen Hals- und kranialen Brustwirbelgebietes. Die Breitenzunahme ist bedingt durch den Einfluß der oberen Extremitäten, welche in querer Richtung aufgehängt sind und in erster Linie gerade das bezügliche Gebiet durch Muskulatur und Gelenkverbindung belasten.

Die gegenseitige Entfernung der lateralen Enden der Querfortsätze des Wirbels ist beträchtlich beim Atlas (durchschnittlich 7 cm), viel geringer am Epistropheus und wird von da an wieder größer zum ersten Brustwirbel hin. Vom ersten zum zwölften Brustwirbel wird die Entfernung der Querfortsatzspitzen wieder allmählich kleiner. In der Lendenwirbelsäule steigt die Entfernung bis nahe auf 10 cm.

Bei seitlicher Ansicht der Wirbelsäule (Fig. 59) bemerkt man, daß der sagittale Durchmesser der Wirbelkörper von kranial nach kaudal am stärksten in der Brustwirbelsäule zunimmt. Die dorsalwärts gewendeten Enden der Querfortsätze der Brustwirbel beschreiben einen stärker gekrümmten Bogen als die ihnen zugehörenden Brustwirbelkörper. Die Dornfortsätze hingegen

bilden eine flachere Kurve, da die der mittleren Wirbelkörper stärker kaudalwärts geneigt sind und dachziegelartig einander decken, während sie bei den kranialen und den kaudalen mehr dorsalwärts gerichtet sind. Man beachte ferner die doppelt S-förmige Krümmung der Wirbelsäule, welche getreu dem Verhalten in der Leiche durch die Präparationsweise und die Aufstellung von H. Virchow erhalten ist.

Bei dorsaler Ansicht der Wirbelsäule (Fig. 58) nehmen die Dornen im allgemeinen die Mittellinie ein, von zufälligen Abweichungen einzelner und von systematischen Abweichungen der ganzen Gruppen zunächst abgesehen. Zur Seite dieses Grates, welcher den Namen Rückgrat für die Wirbelsäule veranlaßt hat, finden sich die von den Schlußstücken der Wirbelbögen begrenzten Wirbelfurchen, welche an der Hals- und Brustwirbelsäule durch die Querfortsätze, an dem Lendenteil durch die Mamillar- und accessorischen Fortsätze lateral abgeschlossen werden. Am Nacken sind sie breit und flach, weiter kaudal werden sie tief und eng; der engste Teil liegt am zwölften Brustwirbel. Längs dieser beiden ausgedehnten Furchen erkennt man die ganze Reihenfolge der quergestellten Zwischenwirbelspalten, Fissurae intervertebrales, welche bei dem mit Weichteilen versehenen Skelet durch elastische Bänder, Ligamenta flava, geschlossen werden. Die größte dieser gefährlichen Fissuren liegt zwischen Atlas und Hinterhauptbein, die nächstgrößte zwischen Atlas und Epistropheus, die dritte zwischen dem fünften Lendenwirbel und dem Kreuzbein. Sonst sind sie im Nacken- und kranialen Brustteil von nur geringer Weite, nehmen aber im kaudalen Drittel der Brustwirbelsäule und noch mehr in der Lendenwirbelsäule an Größe zu. Die letzte dieser Fissuren tritt uns im Hiatus sacralis entgegen.

Die Foramina intervertebralia werden, gleich den sie durchsetzenden Nerven und Gefäßen gezählt und benannt nach dem kranialen der beiden Wirbel, von welchem sie begrenzt werden. Eine Ausnahme machen die Zwischenwirbellöcher am Hals.

Am Hals sind acht Zwischenwirbellöcher vorhanden, deren erstes zwischen Schädel und Atlas liegt; folglich gibt am Hals, abgesehen von Foramen intervertebrale zwischen Vertebra cerv. VII und thoracalis I, der kaudale Wirbel Zahl und Namen an. Das fünfte Foramen intervertebrale sacrale liegt, der gewöhnlichen Ordnung folgend, zwischen fünftem Kreuz- und erstem Steißwirbel. Ein Foramen intervertebrale coccygeum I liegt kaudal vom ersten Steißwirbel in der Membran, welche den Wirbelkanal dorsal und seitlich abschließt.

Abarten der Wirbelsäule und des Brustkorbes.

Das Thema der Abarten des Rumpfskelets ist sehr umfangreich und zugleich morphologisch sehr bedeutungsvoll. In der Darstellung derselben erhält Raubers Prosektor Adolphi das Wort, welcher diesen Stoff in einer größeren Anzahl von Arbeiten bearbeitet hat.

Die Wirbelsäule des Erwachsenen besteht aus 32—35 Wirbeln, und in extremen Fällen können noch ein oder zwei Wirbel mehr vorhanden sein.

Der Atlas kann, ohne daß pathologische Prozesse im Spiele sind, kongenital mit dem Occipitale verschmolzen sein und so einen Teil des Schädels bilden. Assimilation des Atlas (Fig. 61). Der Epistropheus wahrt aber in solchen Fällen seinen Charakter und nimmt nicht etwa die Form des Atlas an. Wenigstens sind bisher gar keine Übergangsformen beschrieben, daß der Epistropheus zum Atlas und der dritte Wirbel zum Epistropheus werden könnte.

Freie Rippen sind an den Wirbeln 7—21 beobachtet worden. In jedem einzelnen Fall bildet die Gesamtheit aller vorhandenen Rippen nebst den zugehörigen Wirbeln und dem Brustbein den Brustkorb.

Das kraniale Ende des Brustkorbes kann folgende Befunde aufweisen:

1. Das erste Paar Sternalrippen gehört Wirbel 7 an. Diese Rippen erreichen das Sternum ganz selbständig. Dieser Zustand ist bisher nur einmal beobachtet worden, und zwar von L. Bolk in Amsterdam. Fig. 62.

2. Wirbel 7 trägt ein Paar Rippen, die das Sternum nicht erreichen. Das erste Sternalrippenpaar gehört Wirbel 8 an. Fig. 63.

3. Das erste Sternalrippenpaar gehört Wirbel 8 an, während Wirbel 7 gar keine freien Rippen hat. Dieser Zustand gilt seiner überwiegenden Häufigkeit wegen als Norm. Fig. 64.

4. Wirbel 8 trägt ein Paar Rippen, welche das Sternum nicht erreichen. Das erste Paar Sternalrippen gehört Wirbel 9 an. Fig. 65.

Die sehr mannigfachen Erscheinungsformen der Rippe des Wirbels 7 werden verständlich, wenn man berücksichtigt, welchen Höhepunkt die Entwicklung dieser Rippe in jedem vorliegenden

Fall beim Embryo erreicht und haben muß und die häufig nachfolgende Reduktion der Rippe in Betracht zieht.

Es ergeben sich dann drei natürliche Gruppen:

1. Die Rippe des Wirbels 7 kann embryonal sehr stark entwickelt sein. Ihr ventrales Ende vereinigt sich mit dem ventralen Ende des Wirbels der Rippe 8 und trägt so zur Bildung der Sternalleiste bei. Bleibt die ganze Rippe erhalten, so resultiert eine Form, wie Fig. 62 sie zeigt. Meist aber wird die Rippe in einer gewissen mittleren Strecke zu einem Band reduziert, wodurch die Rippe in einen sternalen und einen vertebralen Teil zerfällt. Der sternale Teil sitzt dann beim Erwachsenen dem Seitenrand des Brustbeins als ein kurzes kegelförmiges Skeletstück an. Von der Spitze desselben geht ein Band aus, das sich mit dem gleichfalls zugespitzten Ende des vertebralen Teils der Rippe verbindet (Fig. 66.) Dieser vertebrale Teil der Rippe kann mit einem Vorsprung der folgenden Rippe synostotisch oder gelenkig verbunden sein. Fig. 67.

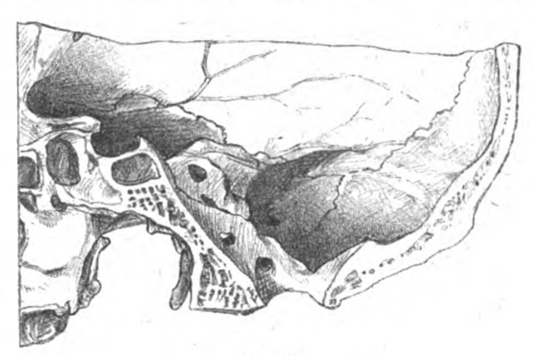


Fig. 61.

Assimilation des Atlas.

Vom großen Hinterhauptloch aus ist der Sägeschnitt nach hinten in der Medianebene geführt, nach vorn durch die Massa lateralis atlantis und den Condylus des Hinterhauptbeins. (Fall Schiffner-Rauber, 1878.)

2. Das ventrale Ende der weniger stark entwickelten Rippe des Wirbels 7 kann sich embryonal mit der Rippe des Wirbels 8 in ihrem Verlauf vereinigen. Bleibt die ganze Anlage der Rippe erhalten, so resultieren daraus Formen, wie Figg. 69 und 70 sie zeigen. Letztere Form wird von den Engländern als zweiköpfige Rippe bezeichnet. Die Rippe des Wirbels 7 kann sich durch Bildung eines Gelenks von der Rippe des Wirbels 8 abgliedern. (Fig 71.) Wird ein Teil der Rippenanlage zu einem Band reduziert, so entstehen Formen, wie Figg. 68 und 72 sie zeigen.

3. Die relativ kleine Rippe des Wirbels 7 hat embryonal gar keine Verbindung mit der Rippe des Wirbels 8. Dieser Befund ist beim menschlichen Embryo so häufig, daß er als Norm gelten kann. Bleibt die Rippe als selbständiges Gebilde erhalten, so resultiert eine Form, wie die in Fig. 73 dargestellte. Wird die Rippe — wie gewöhnlich — reduziert, so entsteht aus ihr die vordere Spange des Querfortsatzes von Wirbel 7. Fig. 64.

Bei der Reduktion der Rippen des Wirbels 8 treten die gleichen Formen auf wie bei der Reduktion der Rippen des Wirbels 7. Die hochgradigste Reduktion der Rippe des Wirbels 8, welche bisher beobachtet wurde, ist in Fig. 65 wiedergegeben. [In der Sammlung der Berliner Anatom. Anstalt befindet sich ein Präparat, bei welchem die Rippe des Wirbels 8 völlig in die Bildung des Querfortsatzes aufgegangen ist (Kopsch).]

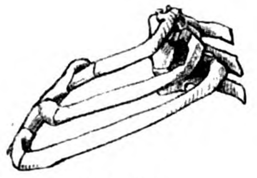


Fig. 62.



Fig. 63.



Fig. 64.



Fig. 65.

Figg. 62—65. Vier verschiedene Erscheinungsformen der Wirbel 7, 8 und 9, nebst ihren Rippen und dem kranialen Ende des Sternum, in seitlicher Ansicht.

Freie Rippen am Wirbel 7 sind kein häufiger Befund, eine Reduktion der Rippen des Wirbels 8 ist noch viel seltener.

Die Abgliederung des Manubrium vom Corpus sterni kann entsprechend dem Ansatz der Rippen vom Wirbel 8, 9 oder 10 stattfinden. Diese Variationen sind von den Variationen der kranialen Thoraxgrenze abhängig. Man vergleiche die Figg. 62, 64 und 65. Bei asymmetrischer Entwicklung der kranialsten Rippen pflegt die Gliederung in Manubrium und Corpus sterni zu unterbleiben.

Das letzte mit dem Corpus sterni verbundene Rippenpaar gehört dem Wirbel 13, 14 oder 15 an. Alle die verschiedenen Zustände können bei „normaler" kranialer Thoraxgrenze vorkommen, es gibt dann 6, 7 oder 8 Sternalrippenpaare. Daß die Rippen des Wirbels 13 als letzte das Sternum erreichen, ist ein sehr seltener Zustand. Unter 83 daraufhin untersuchten Leichen fand er sich nur einmal einseitig. 7 Sternalrippenpaare (letztes am Wirbel 14) finden sich in etwa 92 Prozent aller Fälle; 8 Sternalrippenpaare in etwa 7 Prozent aller Fälle. Bei einem Neugeborenen, welchen E. Rosenberg beschrieben hat, war die rechte Rippe des Wirbels 16 in direkter Verbindung mit dem Sternum, dafür erreichten aber die Rippen des Wirbels 8 das Sternum nicht.

Die Rippen des Wirbels 17 fluktuieren recht häufig, die folgenden Rippen fast immer.

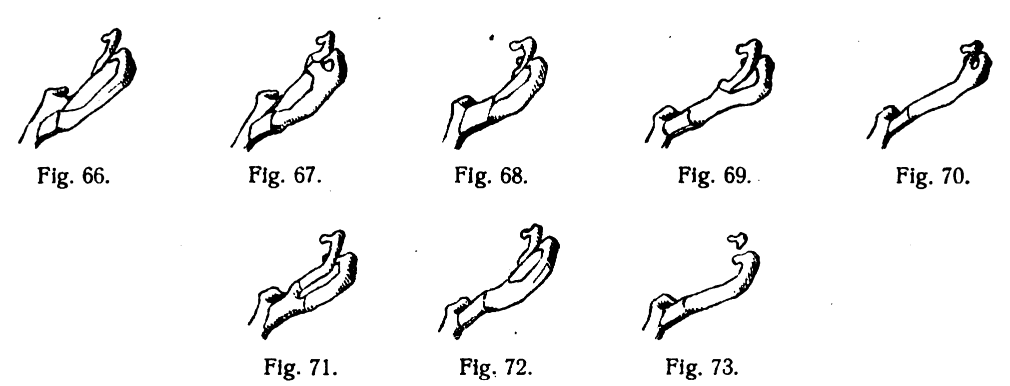

Fig. 66. Fig. 67. Fig. 68. Fig. 69. Fig. 70.

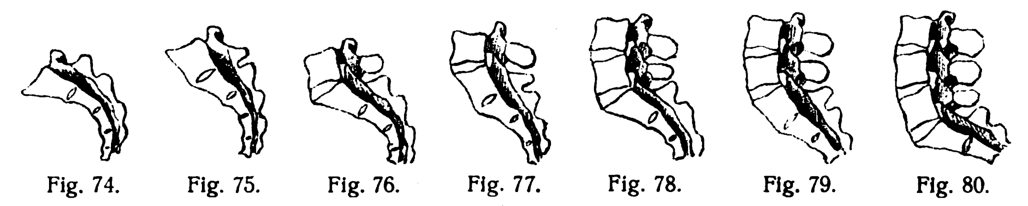
Fig. 71. Fig. 72. Fig. 73.

Figg. 66—73. Rippen der Wirbel 7 und 8 nebst dem kranialen Ende des Sternum in seitlicher Ansicht.

Das letzte Paar freier Rippen kann dem Wirbel 18, 19, 20 oder 21 angehören. Wirbel 18 ist nur ganz selten der letzte rippentragende, Wirbel 19 dagegen in etwa 92 Prozent aller Fälle. Dieser Zustand gilt daher als Norm. Wirbel 20 trägt in etwa 8 Prozent aller Fälle die letzten Rippen, Wirbel 21 dagegen nur ganz selten.

Mit diesen Variationen der kaudalen Thoraxgrenze ist natürlich auch eine sehr hochgradige Variation in der Länge der beteiligten Rippen verbunden.

Zwischen dem letzten rippentragenden Wirbel und dem ersten Wirbel, welcher mit dem Darmbein artikuliert, liegen die Lendenwirbel 4, 5 oder 6 an der Zahl. Man kann erwarten, etwa an jeder zwölften Leiche nur 4 Lendenwirbel zu finden, meist gibt es 5, sehr selten 6 Lendenwirbel, Wirbel 19, 20, 21 oder 22 können erster, Wirbel 23, 24, 25 und 26 können letzter Lendenwirbel sein.


Fig. 74. Fig. 75. Fig. 76. Fig. 77. Fig. 78. Fig. 79. Fig. 80.

Figg. 74—80. Sieben verschiedene Erscheinungsformen der Wirbel 24—28 im Medianschnitt.

Das Kreuzbein besteht aus 4, 5 oder 6 Wirbeln. Nur 4 Sakralwirbel finden sich sehr selten. 5 gewöhnlich, 6 häufig. Erster Sakralwirbel kann Wirbel 24, 25, 26 oder 27 sein. Dabei kann die Sakralkrümmung rein sein, wie in den Figg. 74, 76, 78 und 80, es kann aber auch der Körper des ersten Sakralwirbels mit dem Körper des zweiten in einem ventral- und kaudalwärts vorragenden Winkel zusammenstoßen und auf diese Weise ein zweites, sogenanntes doppeltes Promontorium bilden, wie in den Figg. 75, 77 und 79. Daß Wirbel 24 bei einheitlicher Sakralkrümmung erster Sakralwirbel ist (Fig. 74), ist ein sehr seltener Fall. Wirbel 24 als erster Sakralwirbel bei doppeltem Promontorium (Fig. 75) ist schon weniger selten. Dieser Zustand findet sich etwa in 3 Prozent aller Fälle. Wirbel 25 als erster Sakralwirbel bei einheitlicher Sakralkrümmung (Fig. 76) findet sich etwa in 85 Prozent aller Fälle. Seiner überwiegenden Häufigkeit wegen wird dieser Zustand als die Norm betrachtet. Wirbel 25 als erster Sakralwirbel bei doppeltem Promontorium (Fig. 77) ist relativ häufig, etwa in 8 Prozent aller Fälle. Wirbel 26 als erster Sakralwirbel bei einheitlicher

Sakralkrümmung (Fig. 78) ist wieder seltener, etwa 4 Prozent aller Fälle. Wirbel 26 als erster Sakralwirbel bei doppeltem Promontorium (Fig. 79) und Wirbel 27 als erster Sakralwirbel (Fig. 80) sind sehr seltene Zustände.

Während für gewöhnlich alle Sakralwirbel synostotisch miteinander verbunden sind, kann ausnahmsweise der erste mit dem Beckengürtel artikulierende Wirbel vollständig frei sein. Fig. 81 zeigt ein solches Sacrum in ventraler Ansicht, Fig. 84 eines in seitlicher Ansicht. Der Querfortsatz des ersten Wirbels beteiligt sich an der Bildung der Facies auricularis, doch ist er mit der übrigen Pars lateralis nur durch Bandmasse verbunden. Die Gelenke und die Bandscheibe sind zwischen den beiden ersten Sakralwirbeln in ganzer Ausdehnung erhalten, doch ist die Bandscheibe sehr dünn. Das Promontorium ist bei solchen Kreuzbeinen stets doppelt. Das obere Promontorium ist ein „hochstehendes", es überragt weit die Facies auricularis in ventraler und kranialer Richtung. Das untere Promontorium ist ein „tiefstehendes", es überragt die Facies auricularis nur sehr wenig.

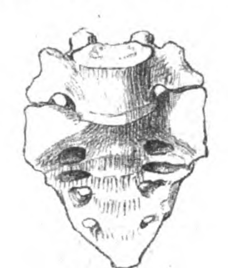




Fig. 81. Fig. 82.

Fig. 81. Sacrum, dessen erster Wirbel mit den folgenden nicht synostotisch verbunden ist. Ventrale Ansicht.

Fig. 82. Sacrum mit lumbosakralem Übergangswirbel. Ventrale Ansicht.

Auch bei einheitlicher Krümmung des Sacrum lassen sich extreme Formen mit hochstehendem (Fig. 85) und tiefstehendem (Fig. 83) Promontorium unterscheiden. Stellen wir uns vor, daß die verschiedenen Formen des Sacrum durch Verschiebung des Beckengürtels nach dem Kopf hin zustande kommen (und diese Verschiebung findet, wie Rosenberg gezeigt hat, tatsächlich beim Embryo statt), so muß ein tiefstehendes Promontorium zu der Zeit bestehen, in welcher die Facies auricularis sich anschickt, auf den nächsthöheren Wirbel überzugreifen. Dieses Übergreifen führt zu einem Sacrum mit doppeltem Promontorium, und das obere Promontorium steht hoch. Bei weiterem Vorrücken der Facies auricularis gleicht sich der Winkel zwischen erstem und zweitem Sakralwirbel bald aus, und das Sacrum hat bei einheitlicher Krümmung ein zunächst noch hochstehendes Promontorium. Rückt die Facies auricularis noch weiter vor, so kann das Promontorium, nachdem es eine Mittellage innegehabt hat, wieder tief stehen. Wenn nun auch diese kranialwärts fortschreitende Sacrumbildung bei der gleichen ersten Anlage durch verschiedene Ausdehnung des Vorgangs verschiedene Formen der Sacra hervorbringen kann, so ist doch daran festzuhalten, daß







Fig. 83. Fig. 84. Fig. 85.

Fig. 83. Sacrum mit tiefstehendem Promontorium, in seitlicher Ansicht.

Fig. 84. Sacrum, dessen erster Wirbel mit dem folgenden nicht synostotisch verbunden ist, in seitlicher Ansicht.

Fig. 85. Sacrum mit hochstehendem Promontorium, in seitlicher Ansicht.

auch schon die embryonalen Anlagen individuell verschieden sind. Sacra wie die in Fig. 74 un Fig. 80 dargestellten sind schon in ihrer ersten Anlage verschieden gewesen.

Die kraniale Grenze des Sacrum kann auch asymmetrisch sein, indem ein sogenannter lumbosakraler Übergangswirbel existiert. Der eine Querfortsatz dieses Wirbels hat lumbale Form, der andere artikuliert mit dem Beckengürtel. Der sakrale Querfortsatz ist mit der übrigen Pars lateralis syndesmotisch oder synostotisch (Fig. 82) verbunden. Das Promontorium ist in solchen Fällen stets doppelt.

Als letzter Sakralwirbel hat derjenige zu gelten, dessen Querfortsätze sich als letzte an der Bildung der Pars lateralis beteiligen. Wirbel 28, 29, 30 und 31 sind in dieser Stellung gefunden worden

Ist ein Wirbel nur einseitig an der Bildung der Pars lateralis beteiligt, so wird er als sakrokaudaler Übergangswirbel bezeichnet. Der Körper und die Bogenrudimente des letzten Sakralwirbels brauchen nicht mit den entsprechenden Teilen des vorletzten Sakralwirbels synostotisch verbunden zu sein. Andererseits können der Körper und die Bogenrudimente des ersten Steißbeinwirbels mit dem Sacrum synostotisch verbunden sein. In einem von Rosenberg beschriebenen Fall waren rechtsseitig auch noch die Bogenrudimente des ersten und zweiten Coccygealwirbels (es waren Wirbel 32 und 33) synostotisch miteinander verbunden.

Die Variationen der verschiedenen Regionen der Wirbelsäule stehen, wie auch schon aus den vorstehenden Angaben hervorgeht, in einer bestimmten Korrelation zu einander. Für das kaudale Gebiet des Brustkorbes, die Lendenwirbelsäule, das Kreuz- und Steißbein ist die Korrelation sehr ausgesprochen. Ist das kaudale Ende des Brustkorbes verkürzt, so pflegen auch die Lumbosakralgrenze und die Sacrococcygealgrenze kranialwärts verschoben zu sein. Ist dagegen das kaudale Ende des Brustkorbes über die Norm verlängert, so pflegen auch die Grenzen des Sacrum kaudalwärts verschoben zu sein.

Durch die Vergleichung dieser Variationen mit Befunden bei menschlichen Embryonen, bei Affen und Halbaffen gelangte Rosenberg zu der Auffassung, der kaudal verlängerte Brustkorb und das mehr kaudal liegende Kreuzbein seien atavistische Formen, der verkürzte Brustkorb und das mehr kranial liegende Kreuzbein — Zukunftsformen.

Die Grenze zwischen den Costae verae und den Costae spuriae pflegt sich im gleichen Sinne zu verschieben wie die Thorakolumbalgrenze. Unter Berücksichtigung der Entwicklungsgeschichte und Heranziehung der Affen zur Vergleichung sind hier gleichfalls atavistische und Zukunftsformen unterschieden worden. Wenn die Rippen des Wirbels 15 das Sternum noch erreichen, so kann das als atavistisch gelten. Gehören die letzten Sternalrippen Wirbel 13 an, so ist es eine Zukunftsform.

Die am kranialen Ende des menschlichen Brustkorbes vorkommenden Variationen hat Rosenberg aus ähnlichen Gesichtspunkten verständlich zu machen gesucht. Bei manchen niederen Wirbeltieren tragen alle auf den Atlas folgenden Wirbel freie Rippen. Beim Menschen wird fast immer am Wirbel 7 und bisweilen auch am Wirbel 6 embryonal ein freies Rippenpaar angelegt. Es findet also hier ontogenetisch eine Reduktion am kranialen Thoraxende statt. Rosenberg ist nun der Meinung, die cervicothorakale Grenze sei in der Tat im Begriff, sich kaudal zu verschieben, die Rippen am Wirbel 7 seien atavistisch, die Reduktion der Rippen des Wirbels 8 sei eine Zukunftsform.

Dem gegenüber ist auf das nachdrücklichste zu betonen, daß zwischen den Variationen des kranialen und des kaudalen Thoraxendes eine ganz zweifellose Korrelation besteht, eine Korrelation. welche die Auffassung nicht gestattet, als werde der menschliche Brustkorb zurzeit von beiden Enden her verkürzt. Bekanntlich können bei sogenannter normaler kranialer Thoraxgrenze die kaudale Thoraxgrenze und die Sakralgrenze bedeutend schwanken. Bei ungewöhnlicher kranialer Thoraxgrenze kommen nun gleichfalls sehr bedeutende Schwankungen der übrigen Grenzen vor. Es ist aber doch sehr auffällig, daß bei Vorhandensein von freien Rippen am Wirbel 7 eine Verkürzung des kaudalen Thoraxendes sehr viel häufiger ist als in der Norm, während bei Reduktion der Rippen des Wirbels 8 die Verlängerungen des kaudalen Thoraxendes sich häufen. Trägt Wirbel 7 Rippen, so sind die Rippen des Wirbels 19 vielfach sehr kurz, und fehlen nicht selten ganz. Sind die Rippen des Wirbels 8 reduziert, so sind die Rippen des Wirbels 19 fast immer lang und meist trägt dann auch Wirbel 20 Rippen. Zwischen den Sakralgrenzen und der kranialen Thoraxgrenze besteht eine Korrelation im gleichen Sinne. So läßt sich denn feststellen, daß die kraniale und die kaudale Thoraxgrenze wie auch die Grenzen des Sacrum die Tendenz haben, sich in der gleichen Richtung zu verschieben. Mit dieser Tatsache ist bei allen theoretischen Erörterungen über Umformung der Wirbelsäule zu rechnen.

Die Affen sind vielfach und gewiß mit Recht herangezogen worden, um das Verständnis der menschlichen Wirbelsäule zu fördern. Es ist hier auf eine Beobachtung von Struthers zu verweisen. Er fand bei einem Gorillaweibchen die Rippen „um einen Wirbel niedriger als gewöhnlich". Also auch beim Gorilla scheinen die kraniale und die kaudale Thoraxgrenze die Tendenz zu haben, sich in der gleichen Richtung zu verschieben.

Ob Korrelationen zwischen der Verschmelzung des Atlas mit dem Hinterhauptbein und irgend welchen Variationen der übrigen Wirbelsäule bestehen, ist nicht bekannt. H. Adolphi.

Fischel (Anat. Hefte Bd. 31, 1906) kann weder Rosenbergs Anschauungen noch irgend eine andere von den zurzeit vorhandenen phylogenetischen Hypothesen über die Gliederung der Wirbelsäule als unanfechtbare Grundlage zur Deutung der Varietäten des menschlichen Rumpfskelets anerkennen. Die Ursache der Varietäten der Wirbelsäule führt Fischel zurück auf die Variationen der embryonalen Segmentierung, d. h. auf die Variationsfähigkeit des ganzen Organismus und seiner einzelnen Teile, welche zwar von der phyletischen Entwicklung beeinflußt sein kann, aber nicht von ihr beherrscht oder verursacht ist. — Hedwig Frey (Vierteljahrsschrift Naturforsch. Ges. Zürich. 63. Jhrg. 1918) betont das Abhängigkeitsverhältnis der Merkmale, die den Umformungsprozeß des menschlichen Brustkorbes kennzeichnen. Ausgangspunkt ist die Verkürzung der Wirbelsäule. Die Verschiebung der lumbosakralen Grenze bedingt die Verschiebung der thoracolumbalen durch allmähliche Reduktion der letzten Rippe bis zu ihrem völligen Schwunde. Damit im Zusammenhange steht die variable Zusammensetzung des Rippenbogens. Unbeeinflußt bleiben Brustbein und absolute Höhe des Brustkorbes. Letztere wird bei Verminderung der Zahl rippentragender Wirbel bedingt durch kompensatorische Vergrößerung der Höhe der einzelnen Wirbel. Deshalb soll man beim menschlichen Brustkorb nicht von Verkürzung, sondern besser von Umformung sprechen. — H. Stieve wiederum (Zeitschr. Anat. u. Entwgesch. 60. Bd. 1921) kommt

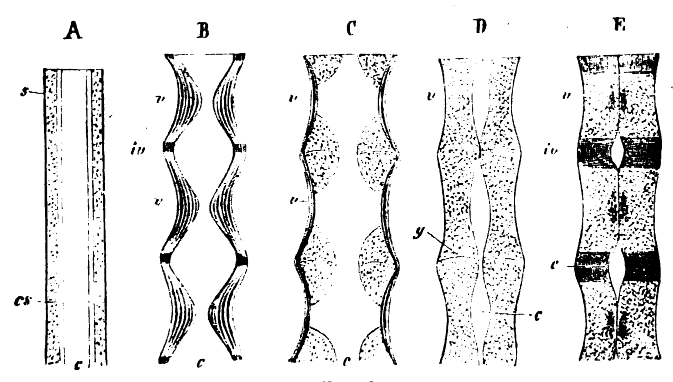


Fig. 86.

Schemata der **Veränderungen der Chorda in der Wirbeltierreihe** durch die skeletbildende Schicht. (Längsschnitte. (Nach Gegenbaur.)

c Chorda; *cs* Chordascheide; *s* skeletbildende Schicht; *v* Wirbelkörper; *iv* intervertebrales Gebiet; *g* intervertebrale Gelenke. *A* gleichmäßig entwickeltes Chordarohr mit skeletbildender Schicht (Fische); *B* intervertebrales Wachstum der Chorda. Bildung bikonkaver Wirbelkörper (Fische); *C* intervertebrale Einschnürung der Chorda durch Knorpel, mit Erhaltung eines vertebralen Chordarestes (Amphibien); *D* intervertebrale Einschnürung der Chorda (Reptilien, Vögel); *E* vertebrale Einschnürung der Chorda mit Erhaltung eines intervertebralen Restes (Säugetiere).

auf Grund der Untersuchung bilateraler Asymmetrien von Wirbeln, Rippen, des ganzen Brustkorbes zu dem Schluß, daß die verschiedenen von der Norm abweichenden Bildungen dieser Organe nur ein Ausdruck der Variabilität der Organismen sind, denn sie sind stets schon in der Anlage des Individuums vorhanden. Sie sind nicht begründet in der fortschreitenden oder rückschreitenden Entwicklung. Die Variabilität an sich ist angeboren, nur manche Eigenschaften sind zum Teil durch äußere Bedingungen beeinflußbar, lassen sich aber nur innerhalb gewisser, schon im Keim bestimmter Grenzen umgestalten. — Bolk, L., Über eine Wirbelsäule mit nur 6 Halswirbeln. Morphol. Jahrbuch, Bd. XXIX, 1900. — Holl, M., Das Rippenrudiment des siebenten Halswirbels. Sitzber. Akad. Wiss. Wien 127/128. Bd., 1919. — Frank, Jos., Ein Fall von Halsrippe mit abnormem Nervenverlauf. Anat. Anz. 47. Bd., 1914. — Stieve, H., Über dorso-lumbale Übergangswirbel. Verh. anat. Ges. 1920.

Wirbelsäule und Rippen der Wirbeltiere.

Bei allen Fischen läßt die Wirbelsäule nur einen Rumpf- und einen Schwanzteil unterscheiden, wobei die Grenze beider Abteilungen bei rein deskriptiver Betrachtungsweise durch das Ende der Leibeshöhle oder die Lage des Anus gegeben ist. Schon bei Amphibien aber, von den fußlosen Schleichlurchen abgesehen, sind Hals-, Brust-, Lenden-, Kreuz- und Schwanzteil gesondert.

Bei Amphioxus ist nicht einmal eine Trennung des Rückgrates in einen Schädel- und Wirbelsäulenteil durchgeführt. Das ganze Axenskelet wird von der ansehnlichen Chorda dorsalis und ihren Scheiden dargestellt.

Die beigefügten Figuren (Fig. 86) geben ein deutliches Bild der Stufenfolge in der Ausbildung der Wirbelsäule bei den verschiedenen großen Abteilungen der Wirbeltiere sowie von den wechselnden Beziehungen der skeletbildenden Schicht zur Chorda dorsalis. Sie beleuchten nicht nur die fertige Wirbelsäule des Menschen, sondern werfen auch Licht auf ihre Entwicklungsgeschichte (Ontogenese), auf welche später noch der Blick eingehender zu richten sein wird.

Die besondere Ausgestaltung der Gebilde des Wirbelkörpers und seiner Bögen im einzelnen ist überraschend mannigfaltig und verwickelt. Bezüglich der Rippen ist die interessante Frage erörtert worden, ob nicht die Rippen der Amphibien und höheren Wirbeltiere als eine neue Erscheinung gegenüber den Rippen der Fische zu betrachten seien. Da diese Frage mit dem Verständnis der menschlichen Rippen unmittelbar zusammenhängt, so ist darüber folgendes zu bemerken. Wo immer Rippen vorkommen, haben sie ihre Lage jenseits der Somatopleura, zwischen ihr und der äußeren Haut. Die von den Ursegmenten abstammende Körpermuskulatur drängt sich mit ihrem ventralen Teil zwischen Haut und Rippenanlage vor, hat demgemäß ursprünglich laterale Lage zu ihnen. Ein Teil der ventralen Muskulatur jedoch schiebt sich zwischen den Rippenanlagen und der Somatopleura ventralwärts vor und liegt sodann zwischen den Rippen und der Somatopleura. So ist es der Fall bei den Amphibien und Amnioten. Durch das tiefere Vordringen eines Teiles der Körpermuskulatur wird jedoch die morphologische Stellung der Rippen nicht geändert; nur gewiße Muskelgebiete, die verlagert sind, verursachen die ganze Erscheinung.

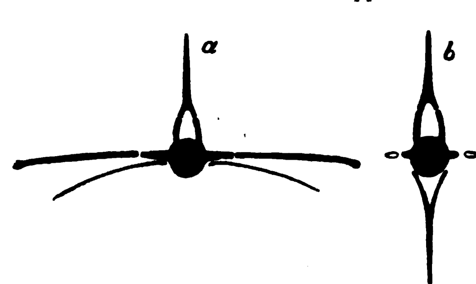


Fig. 87 a und b.
Vertebrale Segmente von Polypterus.
a aus der Rumpfregion; *b* aus der Schwanzregion.
(Nach Hatschek.)

Ist dem so, dann besteht eine durchgreifende Homologie der Rippen im ganzen Wirbeltierstamm.

Die ventralen Hämapophysen werden dann nicht als Rippen gedeutet werden dürfen, wie es von Hatschek versucht wird, sondern eher als Homologa von visceralen Bogengebilden, die medial von der Leibeshöhle liegen, oder als besondere Gebilde.

Was die Verhältnisse von Polypterus betrifft, die Hatschek einer Beurteilung unterzieht, so stimmt Rauber Stannius bei, welcher das ventrale Spangenpaar der Fig. 87a als Rippe erklärt. Die dorsal gelegenen Querspangen aber scheinen als Querfortsatzbildungen gedeutet werden zu müssen.

2. Das Kopfskelet.

Die Knochen des Schädels, Ossa cranii, werden eingeteilt in zwei große Gruppen, in die Knochen des Gehirnschädels, Cranium cerebrale (Neurocranium), und in diejenigen des Gesichtsschädels, Cranium viscerale (Splanchnocranium), oder, wie man sich auch ausdrücken kann, in die Knochen der Schädelkapsel und in die Knochen des Visceralskelets.

Die Entwicklungsgeschichte zeigt, daß der knöcherne Schädel teils aus knorpliger, Ersatzknochen, teils aus bindegewebiger Grundlage hervorgeht, Bindegewebsknochen; beide Arten sind sowohl am Neurocranium als am Splanchnocranium vertreten. Die Einteilung gestaltet sich demgemäß folgendermaßen:

a) Primordiale (aus knorpliger Grundlage hervorgegangene) Knochen der Schädelkapsel:

Hinterhauptbein ohne Schuppendreieck (Interparietale), Keilbein ohne Lamina medialis des Flügelfortsatzes, Siebbein und Muscheln, Pyramiden der Schläfenbeine (mit Warzenfortsatz).

b) Deck- oder Belegknochen der Schädelkapsel:
Interparietale, Scheitelbeine, Stirnbein, Schuppen der Schläfenbeine, Paukenringe, Pflugscharbein, Nasenbein, Tränenbeine.

c) Primordiale Knochen des Visceralskelets:
Zungenbein und Gehörknöchelchen.

d) Deck- oder Belegknochen des Visceralskelets:
Oberkieferbeine, Gaumenbeine, Lamina medialis processus pterygoidei, Jochbeine und Unterkiefer.

An der Schädelkapsel im engeren Sinne, d. h. an der knöchernen Hülle des Gehirns haben keinen Anteil ein großer Teil des Siebbeins, Nasenbein, Tränenbeine, die unteren Muscheln und das Pflugscharbein. In diesem Sinne hat man die genannten Knochen auch mit zu den Ossa faciei gerechnet.

Neuere Untersuchungen (Gaupp, Merkel und Bonnet. Ergebnisse, X. Bd., 1906) zeigen, daß die Abgrenzung von primordialen und von Deckknochen nicht so scharf ist, als es bisher schien, denn es gibt zwischen diesen beiden Formen noch eine dritte, bei der beide Verknöcherungsarten zusammen vorkommen. (Mischknochen. Gaupp.)

a) Primordiale Knochen des Neurocranium.

α. **Das Hinterhauptbein,** Os occipitale. Figg. 88—94.

Das Hinterhauptbein bildet den unteren hinteren Teil des Schädels. Es ist eine stark gekrümmte, oben konkave, nahezu rhombische Tafel, welche in ihrem unteren vorderen Abschnitt von einer großen ovalen Öffnung durchsetzt wird, dem Hinterhauptloch, Foramen occipitale magnum. Durch letzteres wird die Schädelhöhle mit dem Wirbelkanal verbunden. Vor der Öffnung befindet sich ein kurzes, dickes Knochenstück, der Körper, Pars basilaris; zu beiden Seiten liegen die Teile, welche den Gelenkhöcker tragen, Partes laterales; der hinter der Öffnung gelegene Teil heißt Schuppe, Squama occipitalis.

Durch das For. occipitale magnum treten hindurch die Medulla oblongata, die Wurzeln der Nn. cervicales I., die Nn. accessorii, die Aa. vertebrales mit ihrem Venengeflechte, die Aa. spinales anteriores et posteriores, die Rr. meningei aa. vertebralium.

Der **Körper** ragt vor- und aufwärts, ist vorn dicker, hinten zugeschärft. An der Mitte der äußeren und unteren Fläche befindet sich ein flacher Höcker, Tuberculum pharyngeum. Seitwärts vom Tuberculum ist je eine rauhe Stelle zur Anheftung von Muskeln. Die obere Fläche ist in querer Richtung konkav und bildet mit dem angrenzenden Stück des Keilbeinkörpers eine abschüssige Fläche, die Blumenbachsche Abdachung, Clivus. Dicht an den rauhen Seitenrändern verläuft eine schmale Furche, Sulcus petrosus inferior zur teilweisen Aufnahme des unteren Felsenblutleiters. Der hintere, scharfe Rand ist glatt, konkav und begrenzt das Hinterhauptloch von vorn. Die vordere Fläche ist rauh, vierseitig und dient zur Anlagerung und späteren Verwachsung mit dem Körper des Keilbeins.

Die Partes laterales sind hinten breit und dünn, vorn schmal und hoch. An ihrer unteren Fläche, dicht neben dem großen Hinterhauptloch, tragen sie je eine mit Gelenkflächen versehene Hervorragung, Condylus occipitalis. Eine ihre hinteren Enden verbindende Querlinie geht durch die Mitte des Hinterhauptloches. Die Gelenkflächen sind fast doppelt so lang als breit, von hinten nach vorn stark, in querer Richtung schwach gewölbt, medianwärts stark abschüssig; ihre Längsaxen konvergieren nach vorn. Hinter den Gelenkfortsätzen liegt je eine

Grube, Fossa condyloidea, mit der unbeständigen hinteren Mündung eines Venenkanals, des Canalis condyloideus, dessen vordere Mündung im Sulcus sigmoideus zu suchen ist. Über den Condylen liegt ein kurzer weiter, den zwölften Hirnnerven durchlassender Kanal, Canalis hypoglossi. Der laterale Rand der Pars lateralis ist in seinem hinteren Teil dick und rauh, in seinem vorderen tief ausgeschnitten von der Incisura jugularis. In deren vorderem Gebiet ragt ein Stachel vor, welchem ein ähnlicher des Schläfenbeins entgegenkommt, Processus intrajugularis. Durch ihn wird die Incisura jugularis (und bei angelagertem Schläfenbein das Foramen jugulare) in einen kleineren vorderen Teil für den Durchtritt des Sinus petrosus inf., sowie der Nn. glossopharyngeus, vagus, accessorius (neunter, zehnter und elfter Hirnnerv) und einen größeren hinteren Teil für den Bulbus superior venae jugularis geschieden. (Fig. 92.) Die lateral vom Condylus befindliche Knochenplatte trägt an ihrer unteren Fläche eine Rauhigkeit oder zuweilen einen stumpfen Fortsatz, Processus paramastoideus, das Homologon des Processus paramastoideus vieler Säuger. Auf der entgegengesetzten oberen oder inneren Fläche springt der obere Teil des Processus jugularis deutlich hervor, welcher gegen den Sulcus sigmoideus abfällt. Über und vor dem Canalis hypoglossi ist dessen Dach zu einem Hügel aufgeworfen, Tuberculum jugulare.

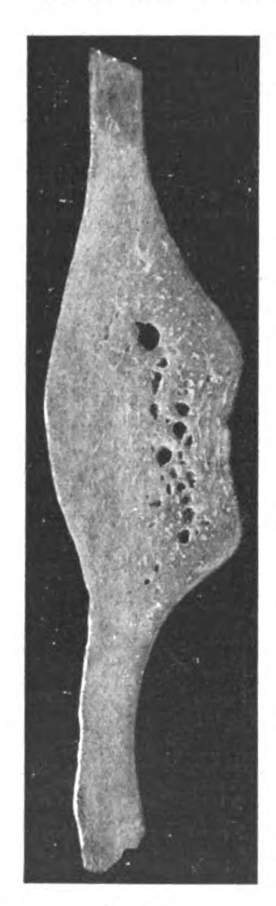


Fig. 88.
Querschliff des Sulcus transversus sinister (rechts in der Mitte der Figur) 2 cm von der Protuberantia occipitalis interna entfernt. 3 : 1.

Die **Schuppe** besitzt nahezu in der Mitte ihrer Außenfläche eine rauhe Erhabenheit, den äußeren Hinterhaupthöcker, Protuberantia occipitalis externa. Von ihr zieht eine sich zuschärfende mediane Leiste, Crista occipitalis externa gegen das große Hinterhauptloch herab. Sie dient ebenso wie der Höcker dem Nackenband zum Ansatz. Lateral vom Höcker nimmt die Linea nuchae superior ihren Weg seitwärts. Über ihr kann eine zarte stärker konvexe Linea nuchae suprema ausgeprägt sein und mit der ersteren jederseits ein sichelförmiges Feld umschließen. Unterhalb der Linea nuchae superior und ihr parallel läuft die rauhe Linea nuchae inferior. Sie kreuzt die Crista occipitalis externa. Das glatte Feld oberhalb der Linea nuchae sup. heißt Planum occipitale; das untere größere, für den Ansatz einer Anzahl Nackenmuskeln bestimmte Feld wird Planum nuchale genannt.

Über die gehöhlte Innenfläche der Schuppe ziehen zwei sich meist rechtwinklig kreuzende Erhabenheiten, welche Eminentia cruciata heißen. Durch letztere werden vier Gruben begrenzt, zwei obere, Fossae occipitales, für die Hinterhauptlappen des Großhirns, und zwei untere, Fossae cerebellares, für die Hemisphären des Kleinhirns.

Die Fossae occipitales zeigen Eindrücke der hinteren Hirnwindungen, Impressiones digitatae, und den Hirnfurchen entsprechende Erhöhungen, Juga cerebralia. Die Fossae cerebellares entbehren derselben, sind glatt und nur von

Margo lambdoideus
Sulcus sagittalis
Protuberantia occipitalis int. Eminentia cruciata
Sulcus transversus
(Crista occipitalis int.)
Margo mastoideus
Foramen occipitale magnum
Sulcus sigmoideus
Processus jugularis
Sonde im Canalis hypoglossi
Incisura jugularis
Processus intrajugularis
Innere Öffnung d. Canalis condyloideus
Tuberculum jugulare
Clivus
Sulcus petrosus inferior

Fig. 89. Hinterhauptbein, Os occipitale.
Ansicht von innen (1/1).

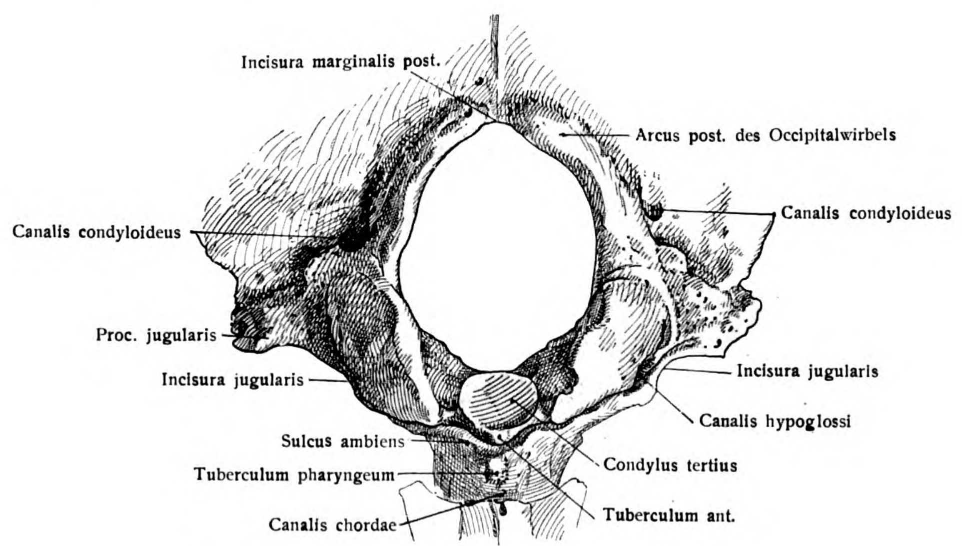


Fig. 90. Manifestation des Occipitalwirbels (gelb).
(Kollmann.)

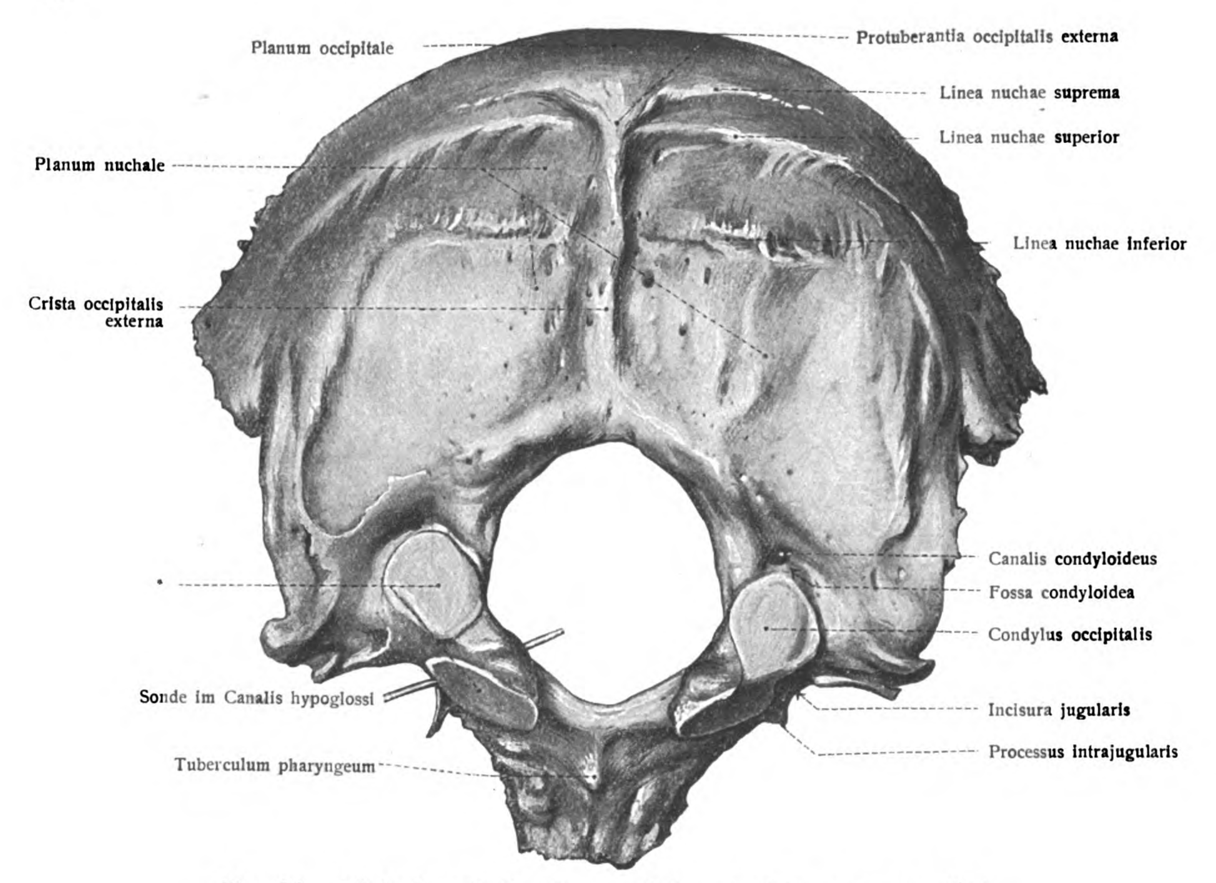


Fig. 91. Hinterhauptbein, Os occipitale. Ansicht von unten ($^1/_1$)
* Geteilte Gelenkfläche (Abart) des Condylus.

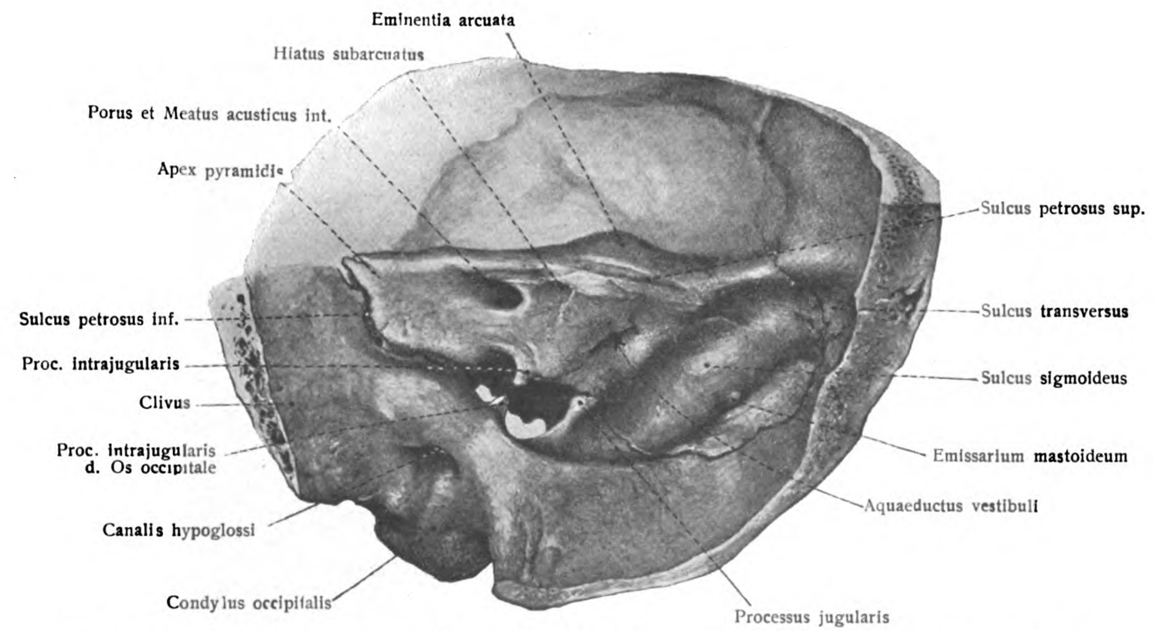


Fig. 92. Hintere Fläche des Schläfenbeines und angrenzendes Stück des Occipitale von hinten gesehen ($^1/_1$).

Furchen der Vasa meningea, Sulci arteriosi und venosi, durchzogen, welche auch an den oberen Gruben nicht fehlen. Entsprechend den tiefen Stellen der Fossae occipitales ist der Knochen dünn und durchscheinend. Die dünnsten Stellen indessen pflegen den Fossae condyloideae anzugehören.

Die Erhabenheit, auf welcher die Eminentia cruciata liegt, entspricht nahezu dem äußeren Höcker und führt den Namen Protuberantia occipitalis interna. Die obere und die beiden queren Erhabenheiten besitzen flache Furchen zur Aufnahme von Blutleitern. Die obere Furche, Sulcus sagittalis, setzt sich meist auf den rechten, manchmal auf den linken Querschenkel fort. Die Furchen der letzteren heißen Sulci transversi. Die untere Leiste ist meist ungefurcht, springt anfangs stark vor und läuft gegen das Foramen occipitale magnum in zwei Arme aus. Sie führt den Namen Crista occipitalis interna.

Die Crista occipitalis interna kann verbreitert und gefurcht, ja grubig vertieft auftreten. Die entsprechende Grube (in der Tierwelt häufig) führt dann den Namen Fossa vermiana, da ein Teil des Unterwurms des Kleinhirns ihr anliegt.

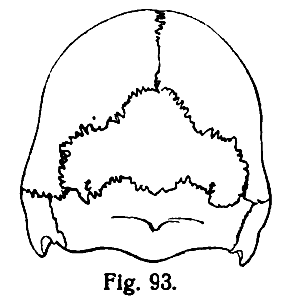


Fig. 93.

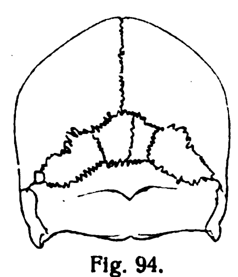


Fig. 94.

Fig. 93. **Schädel eines Altperuaners** mit Os interparietale. *tt* Sutura transversa occipitis. (Nach H. Welcker.)

Fig. 94. **Schädel eines Deutschen.** Os Incae tripartitum mit zweigeteiltem Mittelstück. (Nach H. Welcker.)

An den Rändern der Schuppe unterscheidet man ein oberes, tief gezahntes Stück, welches Margo lambdoideus heißt und zur Verbindung mit den Parietalia dient, und ein unteres, weniger gezahntes rauhes Stück, welches in den lateralen Rand der Pars lateralis übergeht und mit der Pars mastoidea des Schläfenbeins in Verbindung tritt; daher sein Name Margo mastoideus.

Die Linea nuchae superior bildet zuweilen einen stärkeren Vorsprung und kann zu einem mächtigen Querwulst aufgeworfen sein, Torus occipitalis. Er entspricht der Crista occipitalis der Affen. Das obere, häufig vorgebildete dreieckige Stück der Schuppe, welches dem Planum occipitale angehört und bis zu den seitlichen Ecken der Squama sich erstreckt, kann von dem unteren knorpelig vorgebildeten Schuppenteil getrennt sein und dadurch das Os interparietale darstellen; es wurde an altperuanischen Schädeln als Os Incae beschrieben. Eine Längsnaht kann das Interparietale in zwei symmetrische Stücke teilen: andere Nähte können in ihm auftreten (Figg. 93, 94). Mit Schaltknochen in der Lambdanaht, welche eine ansehnliche Größe erreichen können, darf das Interparietale nicht verwechselt werden. (S. auch unten: Knochenkerne.)

Eine genauere Beschreibung der Reliefs an der Außenfläche der Squama occipitalis hat Waldeyer jüngst gegeben. Die Linea nuchae inferior besteht aus dem quer verlaufenden Hauptschenkel und zwei Nebenschenkeln, von denen der eine (obere) in der Richtung des Hauptschenkels seitwärts verläuft und die Linea nuchae superior erreicht, während der andere (untere) Nebenschenkel fast unter rechtem Winkel von dem queren Hauptschenkel abgeht und in sagittaler Richtung auf den Proc. jugularis des Hinterhauptbeins zuläuft. Dort wo der obere Nebenschenkel mit der Linea nuchae sup. zusammentrifft, findet sich oft ein Vorsprung, Processus retromastoideus, der besonders stark und häufig an Papua-Schädeln ist. Waldeyer schlägt weiter vor, die Crista

occipitalis ext. sup. von der Protuberantia occipitalis ext. bis zur Linea nuchae inf. reichend, zu unterscheiden von der Crista occipitalis ext. inf., welche von der Linea nuchae inf. sich bis zum Foramen occipitale erstreckt. — Waldeyer, W., Der Processus retromastoideus, Abh. Akad. Wiss. Berlin 1909.

Der hintere Bogen des Atlas kann bei alten Leuten einen Eindruck auf der Schuppe hervorrufen.

In der Umgebung des Foramen occipitale magnum zeigt die äußere Oberfläche des Hinterhauptbeins zahlreiche Abarten: der Processus paramastoideus kann sehr stark und hoch sein; am vorderen Umfang des Hinterhauptloches findet sich manchmal eine Gelenkfläche, Condylus tertius, an welche sich das obere Ende des Dens epistrophei anlegt; die Processus jugulares können abnorm vergrößert, die Ränder des Foramen magnum dick und aufgewulstet sein; der Canalis hypoglossi ist oft durch eine Knochenbrücke geteilt.

Wenn alle diese Varianten zusammen stark ausgebildet an einem Präparat vorkommen, so bietet das Hinterhauptbein die Reliefs eines atlasähnlichen Wirbels (Fig. 90). Kollmann bezeichnet diese Erscheinung als „Manifestation des Occipitalwirbels"; sie weist hin auf die Entstehung des Os occipitale aus der Verschmelzung von Wirbeln.

Wohl zu unterscheiden von der Manifestation des Occipitalwirbels ist „Assimilation des Atlas", d. h. die Verschmelzung des Atlas mit dem Hinterhauptbein (s. Fig. 61), in welchem Falle das letztere keine Condyli occipitales, sondern die Fovea articularis inf. des Atlas zeigt.

Kalenscher, J., Über die sogenannten dritten Gelenkhöcker und die access. Höcker des Hinterhauptbeins. Königsberg 1893. Die Ansatzstellen des Lig. apicis dentis und der Ligg. atlanto-occipitalia anteriora können verknöchert sein. — Zaajer, F., Die Persistenz der Synchondrosis condylosquamosa. Anat. Hefte, Nr. XII. — Kollmann, Varianten am Os occipitale. Verhandl. anat. Ges. 1905 und Anat. Anzeiger 1907, Bd. 30. — Schumacher, Zur Frage der Manifestation des Occipitalwirbels. Anat. Anz. Bd. 31, 1907.

β. **Das Keilbein,** Os sphenoidale. Figg. 95—99.

Das Keilbein liegt nahezu quer in der Mitte der Schädelbasis und besteht aus dem Körper, Corpus, drei Paaren von Flügeln, nämlich den großen, Alae magnae, den kleinen, Alae parvae, und den Gaumenflügeln, Processus pterygoidei.

Der Körper, Corpus, läßt gleich einem Würfel sechs Flächen unterscheiden. Die obere Fläche besitzt im Mittelteil eine tiefe querovale Grube, die Fossa hypophyseos, in welcher die Hypophysis cerebri liegt. Die Hypophysengrube samt den vor und hinter ihr liegenden Teilen hat eine gewisse Ähnlichkeit mit einem Sattel, deshalb heißt daß ganze Gebilde der Türkensattel, Sella turcica. Am vorderen oberen Rand der Grube befindet sich eine quergelagerte, stumpfe Kante, Sattelknopf, Tuberculum sellae; seitlich von ihm ein kleiner, oft kaum angedeuteter, manchmal längerer Fortsatz, Processus clinoideus medius. Die vor diesen Teilen gelegene seichte, aber ausgedehnte Querfurche, Sulcus chiasmatis, führt zu den Sehlöchern, Foramina optica. Die Foramina lassen den Sehnerven und die Arteria ophthalmica in die Augenhöhle treten. Vor dem Sulcus chiasmatis befindet sich ein ebenes Feld, Jugum sphenoidale, welches durch den Limbus sphenoidalis gegen den Sulcus chiasmatis abgegrenzt ist. In der Mitte des vorderen Randes befindet sich ein sehr variabler Vorsprung, Spina ethmoidalis, welcher sich an die horizontale Platte des Siebbeins anlegt. Er kann fehlen, aber auch sehr wechselnde Gestalten annehmen, wie Fig. 95 deutlich zeigt. Hinten wird die Sattelgrube durch eine schräg aufsteigende Knochenplatte begrenzt, die Sattellehne, Dorsum sellae, deren hintere Fläche abschüssig ist und den obersten Teil des Clivus bildet. Die oberen Ecken der Sattellehne tragen kleine, lateral-vorwärts gerichtete Zacken, Processus clinoidei posteriores.

An den Seitenflächen liegt eine ausgedehnte, S-förmig gebogene Furche, Sulcus caroticus, welche von unten hinten nach vorn oben verläuft und die innere Kopfschlagader (Carotis interna) aufnimmt. An seinem Beginn wird der Sulcus caroticus lateral von einem medianwärts umgebogenen Knochenplättchen, Lingula sphenoidalis, begrenzt.

Die hintere rauhe Fläche des Körpers ist bei jugendlichen Individuen durch Knorpel (Synchondrosis sphenooccipitalis), bei Erwachsenen knöchern mit dem Körper des Occipitale verbunden. Occipitale und Sphenoidale stellen beim Erwachsenen folglich einen Knochen vor, das Grundbein, Os basilare.

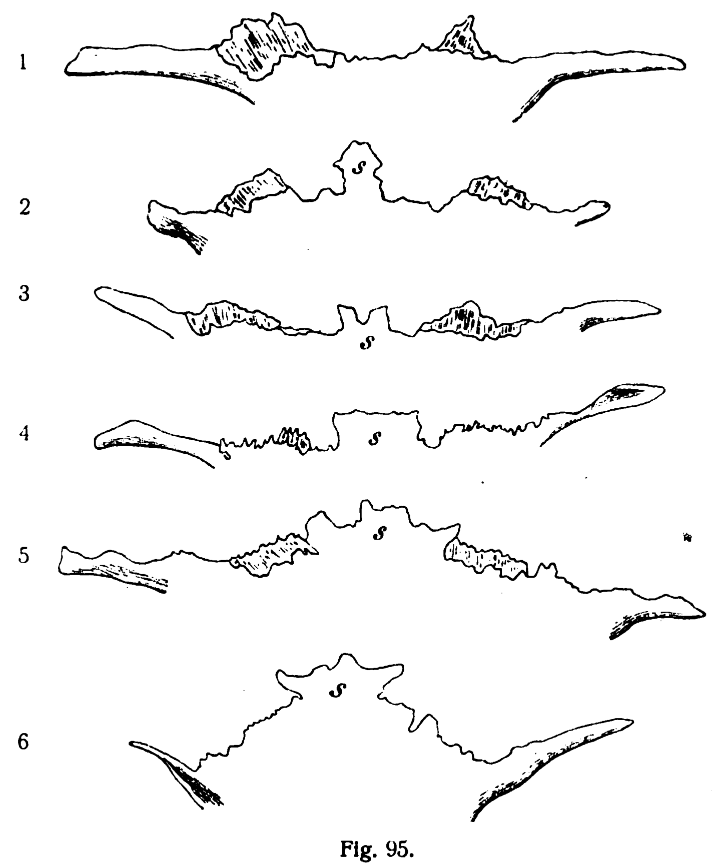


Fig. 95.

Sechs verschiedene Formen des vorderen oberen Randes des Keilbeines, insbesondere der **Spina ethmoidalis** *(s)*. Bei Nr. 1 fehlt die Spina ganz. Die seitlichen Fortsätze der Spina in Nr. 6 sind als Alae minimae bezeichnet worden

Vordere und untere Fläche: Der Körper des Keilbeins enthält zwei große Höhlen, Sinus sphenoidales, welche durch eine mediane Scheidewand, Septum sinuum sphenoidalium, voneinander getrennt sind. Jede wird vorn unten durch ein dünnes, aufwärts gekrümmtes dreiseitiges Knochenblatt, Concha sphenoidalis, teilweise gedeckt. So bleibt jederseits eine vordere runde Öffnung übrig, Apertura sinus sphenoidalis, durch welche die Keilbeinhöhlen in die Nasenhöhlen ausmünden. Am frischen Knochen sind die Keilbeinhöhlen von einer Fortsetzung der Nasenschleimhaut ausgekleidet, welche im Laufe der Entwicklung in den ursprünglich spongiösen Knochen eindringt und ihn pneumatisiert.

Die Pneumatisierung kann verschiedene Grade erreichen, sogar in das Corpus ossis occipitalis vordringen, ein Vorgang, welcher an einer größeren Anzahl von Schädelknochen sich in derselben Weise vollzieht, wodurch die ganze Gruppe den Namen Ossa pneumatica erhält. Die Größe der Keilbeinhöhle schwankt in sehr weiten Grenzen. Die kleinsten sind kaum erbsengroß. Die größte, welche ich gesehen habe, erstreckte sich 4 cm jederseits seitwärts von der Mittellinie und war mit dem hinteren Ende nur wenig mehr als 1 cm vom Rand des Foramen occipitale magnum entfernt. Das Septum liegt selten genau in der Mittellinie, meist nur sein vorderes Ende. Der hintere Teil weicht in der Regel von der geraden Richtung ab. Dadurch kann in extremen Fällen die eine Höhle fast das ganze Corpus ausfüllen, während die andere ein schmales Gebilde ist. Bei großer Ausdehnung der Höhle wird die Wand so dünn, daß die dem Körper des Keilbeins anliegenden Nerven und Gefäße mehr oder weniger starke Wülste im Innern der Höhle bedingen. Dies sind von oben die Fossa hypophyseos, von der Seite und oben der Canalis opticus, von der Seite der Sulcus caroticus sowie der Kanal für den zweiten Ast des N. trigeminus, und von unten der Canalis pterygoideus (Vidii).

Die genannte Concha sphenoidalis (Bertini) steht beim Erwachsenen in enger Verbindung mit dem Keilbein, hängt auch oft knöchern mit dem Siebbein oder dem Gaumenbein zusammen, an denen sie bei der Zerlegung des Schädels sitzen bleiben kann; dann stehen die Sinus sphenoidales weit offen. Bei jungen Schädeln folgen die Conchae sphenoidales dem Siebbeinlabyrinth, welchem sie in Wirklichkeit angehören. Sie können jedoch auch ganz frei, ohne jede Verbindung gefunden werden.

Sie entsprechen der Lamina terminalis der Säugetiere, d. h. einer knöchernen Platte, welche von der unteren Keilbeinfläche ausgehend sich nach vorn erstreckt, zwischen dem Septum nasi und der seitlichen Nasenwand horizontal ausgespannt (Zuckerkandl).

Vorn überragt das Septum sinuum die Knochenoberfläche in Form einer Leiste, Crista sphenoidalis, welche von der Spina ethmoidalis abwärts zieht und unten in einen vorspringenden Kamm übergeht, Rostrum sphenoidale.

Die untere Fläche ist wie die vordere gegen die Nasenhöhle gerichtet, zeigt hinten eine mediane Furche und erhebt sich vorn zu einem medianen in das Rostrum sphenoidale auslaufenden Vorsprung. Die Seitenteile der Unterfläche tragen je eine in sagittaler Richtung verlaufende, medianwärts offene Rinne, zu deren Bildung der Processus vaginalis des Gaumenflügels beiträgt.

Die kleinen Flügel, Alae parvae, dehnen sich nahezu horizontal aus und beginnen an der vorderen oberen Ecke des Körpers mit zwei Wurzeln, welche das Foramen opticum zwischen sich fassen.

Ihr laterales Ende ist verschmälert und zugespitzt; es erreicht die Stirnbeininsertion des großen Flügels, ohne mit ihm zu verschmelzen. Die obere Fläche hilft die vordere Schädelgrube bilden, die untere deckt die Fissura orbitalis superior und den hintersten Abschnitt der Augenhöhle. Der gerade vordere Rand ist dünn und gezähnt und legt sich an die Orbitalplatte des Stirnbeins an. Der konkave hintere Rand springt frei gegen die Schädelhöhle vor und bildet die Grenze zwischen vorderer und mittlerer Schädelgrube. Der mediale Teil des hinteren Randes ist verdickt und ragt mit einem freien Zapfen nach hinten, Processus clinoideus anterior, welcher das vordere Ende des Sulcus caroticus des Keilbeinkörpers deckt.

Die großen Flügel, Alae magnae, erstrecken sich von beiden Seiten des Keilbeinkörpers, mit welchem sie durch ein zweifach durchbohrtes Wurzelstück zusammenhängen, lateral-aufwärts. Der äußerste Punkt des Flügels heißt Angulus parietalis.

Das vordere Loch des Wurzelstücks, Foramen rotundum, führt nach vorn und läßt den zweiten Ast des Nervus trigeminus durchtreten. Nahe am hinteren

Rand liegt das große Foramen ovale, für den dritten Ast des Trigeminus. Ganz in der Nähe ist das Foramen spinosum für die Arteria meningea media und den kleinen Nervus spinosus. Medial von letzterem kann noch ein feines Nervenkanälchen vorhanden sein oder die benachbarte Naht durchsetzen.

Der große Flügel besitzt fünf Flächen: eine innere, Facies cerebralis, und vier äußere, Facies orbitalis, sphenomaxillaris, Facies temporalis und Facies infratemporalis.

Die cerebrale Fläche ist gehöhlt, bildet einen Teil der mittleren Schädelgrube und zeigt außer den Löchern des Wurzelstücks flache Impressiones digitatae und Juga cerebralia sowie im vorderen Gebiet einen stärkeren Sulcus arteriosus für den vorderen Ast der Arteria meningea media. Die orbitale Fläche ist eben, rautenförmig und bildet einen Teil der lateralen Orbitawand. Die temporale Fläche ist die größte von allen und wird durch eine Leiste, Crista infratemporalis, in eine größere obere und eine kleinere untere Abteilung geschieden; letztere heißt besonders Facies infratemporalis. An der genannten Crista erhebt sich vorn das Tuberculum spinosum.

Die Facies sphenomaxillaris ist derjenige Teil der vorderen Fläche, an welcher das Foramen rotundum ausmündet.

Der Ränder des großen Flügels sind ebenfalls drei; jeder Rand besitzt zwei verschieden aussehende Abschnitte.

Der obere Rand erstreckt sich vom Ursprung des großen Flügels bis zu dessen höchster Spitze. Sein mediales Segment, Crista orbitalis, ist schneidend zugeschärft und begrenzt von unten die Fissura orbitalis superior. Das laterale Segment bildet eine breite rauhe, teilweise gezackte, teilweise zugeschärfte Anlagerungsfläche für das Parietale (hinten) und für das Frontale (vorn): Margo frontalis.

Der vordere Rand besitzt ein oberes gezacktes Segment, Margo zygomaticus, für die Verbindung mit dem Wangenbein; das untere Segment ist glatt und begrenzt von oben die Fissura orbitalis inferior.

Der hintere Rand grenzt mit seinem vorderen, vorn von außen nach innen zugeschärften, hinten rauhen und gezackten Segment an die Schuppe des Schläfenbeins: Margo squamosus. Das hintere Segment legt sich mit der lateralen rauhen Hälfte an das Felsenbein, während die glatte mediale Hälfte ein Loch begrenzen hilft, das zerrissene Loch nämlich, Foramen lacerum. In der Nähe des spitzen Winkels, welchen die beiden Segmente des hinteren Randes bilden, ragt ein scharfer Fortsatz von der Unterfläche abwärts: Spina angularis, der Eckendorn.

Der dritte Fortsatz, Gaumenflügel, Processus pterygoideus des Keilbeins, zieht vom Körper und großen Flügel abwärts. Er besteht aus zwei sehr verschiedenen Platten, der Lamina lateralis und Lamina medialis, von welchen letztere nicht knorplig vorgebildet ist, sondern einen Bindegewebsknochen darstellt, das Pterygoid der Säuger, welches bei dem Menschen mit dem Keilbein völlig verwächst.

Die beiden Platten fassen eine Grube zwischen sich, Fossa pterygoidea, welche unten in eine Spalte ausläuft, Fissura pterygoidea. Die laterale Platte ist breiter und kürzer als die mediale, und lateralwärts gerichtet; die mediale steht sagittal und läuft unten in einen hakenförmigen Fortsatz aus, Hamulus pterygoi-

deus, welche in einer glatten Furche, Sulcus hamuli pterygoidei, die Sehne des M. tensor veli palatini aufnimmt. Von der Basis der medialen Platte geht ein dünnes Knochenblatt medianwärts zur Unterfläche des Keilbeinkörpers, der schon oben erwähnte Processus vaginalis. An dessen freien Rand legt sich jederseits eine Ala vomeris an und schließt dadurch den Canalis basipharyngeus. Lateral vom Processus vaginalis kann eine neue Furche oder ein Kanal im Knochen ausgeprägt sein, welchen das Gaumenbein vervollständigt: Canalis pharyngeus. An der hinteren Fläche der Basis des medialen Flügels liegt eine flache, medianabwärts geneigte Grube, Fossa scaphoidea, für den Ursprung des M. tensor veli palatini. Hinter und lateral von ihr dehnt sich der langgestreckte Sulcus tubae auditivae aus, zur Anlagerung des Knorpels der Ohrtrompete. Die Wurzel des Processus pterygoideus ist von einem wichtigen Nervenkanal in sagittaler Richtung durchsetzt, dem Canalis pterygoideus (Vidii). Seine hintere Mündung liegt zwischen Lingula und Fossa scaphoidea, seine vordere dagegen zwischen medialer, lateraler Platte und Körper, medial vom Foramen rotundum. Die vordere ist trichterförmig und setzt sich abwärts in eine Furche fort, Sulcus pterygopalatinus, welche mit dem Gaumen- und Oberkieferbein zu einem Kanal geschlossen wird, Canalis pterygopalatinus.

Zwischen der Fossa scaphoidea und der unteren Mündung des Foramen ovale mündet ein feiner Nervenkanal, welcher im Innern des Knochens sich in zwei Arme teilt; einer führt in den Canalis pterygopalatinus, der andere mündet auf der cerebralen Fläche der Ala magna zwischen Lingula und Foramen ovale; die Kanäle heißen entsprechend den Nerven Canaliculi sphenoidales.

In der Sattelgrube findet sich (in 0,3 Proz. beim Erwachsenen) die obere Mündung eines wichtigen medianen Kanals, welcher den Keilbeinkörper durchsetzt und an seiner unteren Fläche endigt. Es ist der Canalis cranio-pharyngeus, welcher beim Menschen in den ersten zwei Monaten des fetalen Lebens konstant vorhanden ist und den Hypophysengang enthält, aber mit ebenfalls vorkommenden Venenkanälen nicht verwechselt werden darf. (Sokolow.)

Das Endstück des Sulcus caroticus schließt sich durch eine Knochenbrücke, welche die Processus clinoidei anterior und medius miteinander verbindet, manchmal zu einem Loch, durch welches die Carotis interna hindurchtritt. Die Knochenbrücke kann sich noch weiter nach hinten ausdehnen und den Processus clinoideus posterior erreichen. Der Lingula gegenüber liegt medial ein ähnlich gebogenes Knochenplättchen, so daß die Carotis hier von einem knöchernen Halbkanal umfaßt wird. — Foramen ovale und Foramen spinosum können zusammenfließen und sogar nach hinten offen sein. — Medial vom Foramen ovale kann ein größeres Venenloch die Wurzel des großen Flügels durchsetzen. — Die Fissura orbitalis superior wird lateral öfters durch Verbindung des kleinen mit dem großen Flügel geschlossen. — Von Interesse ist ferner eine in seltenen Fällen vorkommende Knochenspange, Lamina pterygospinosa, welche von der Lamina lateralis des Flügelfortsatzes ausgeht und zur Spina angularis zieht. So kommt eine große Lücke zustande, Foramen pterygospinosum, durch welche der Nervus pterygoideus int. verläuft (Fig. 96); die genannte Lamelle ist normal als fibröses Band vorhanden, Ligamentum pterygospinosum (Civinini 1837). Oft bezeichnet eine Knochenzacke, Processus pterygospinosus (Civinini), die bezügliche Stelle. — Ein zweites, benachbartes Loch, Porus crotaphitico-buccinatorius

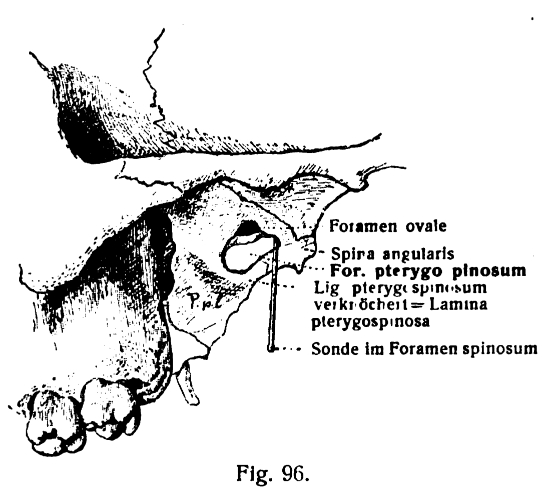


Fig. 96.
Lamina pterygospinosa und Foramen pterygospinosum.



Fig. 97.

Margo frontalis
Apertura sinus sphenoidalis
Concha sphenoidalis
Fissura orbitalis sup.
Facies temporalis
Margo zygomaticus
Laterale Grenze der Concha sphenoidalis
Crista infratemporalis
Canalis pterygoideus
Sulcus pterygopalatinus
Lamina lateralis
Lamina medialis
Fissura pterygoidea
Hamulus pterygoideus
Crista sphenoidalis
Rostrum sphenoidale
Processus vaginalis
Ala parva
Ala magna
Facies orbitalis
Corpus
Processus pterygoideus
Foramen rotundum
Facies sphenomaxillaris
Sulcus hamuli pterygoidei

Fig. 98.

Ala parva
Processus clinoideus post.
Clivus
Processus clinoideus ant.
Fissura orbitalis sup.
Angulus parietalis
Ala magna
Facies cerebralis
Corpus
Canalis pterygoideus
Sulcus tubae auditivae
Spina angularis
Fossa scaphoidea
Lamina lateralis proc. pterygoidei
Fossa pterygoidea
Lamina medialis proc. pterygoidei
Fissura pterygoidea
Hamulus pterygoideus
Rostrum sphenoidale
Processus vaginalis
Sulcus caroticus
Foramen rotundum

Fig. 99.

Tuberculum sellae
Sulcus chiasmatis
Foramen opticum
(Spina ethmoidalis)
Fossa hypophyseos
Margo frontalis
Angulus parietalis
Ala parva
Ala magna
Facies cerebralis
Foramen rotundum
Proc. clinoideus medius
Margo squamosus
Foramen ovale
Foramen spinosum
Dorsum sellae
Processus clinoidues ant.
Processus clinoideus post.
Lingula sphenoidalis
Sulcus caroticus

Fig. 97—99. **Keilbein,** Os sphenoidale ($^1/_1$).
Fig. 97. Ansicht von vorn. Fig. 98. Ansicht von hinten. Fig. 99. Ansicht von oben.

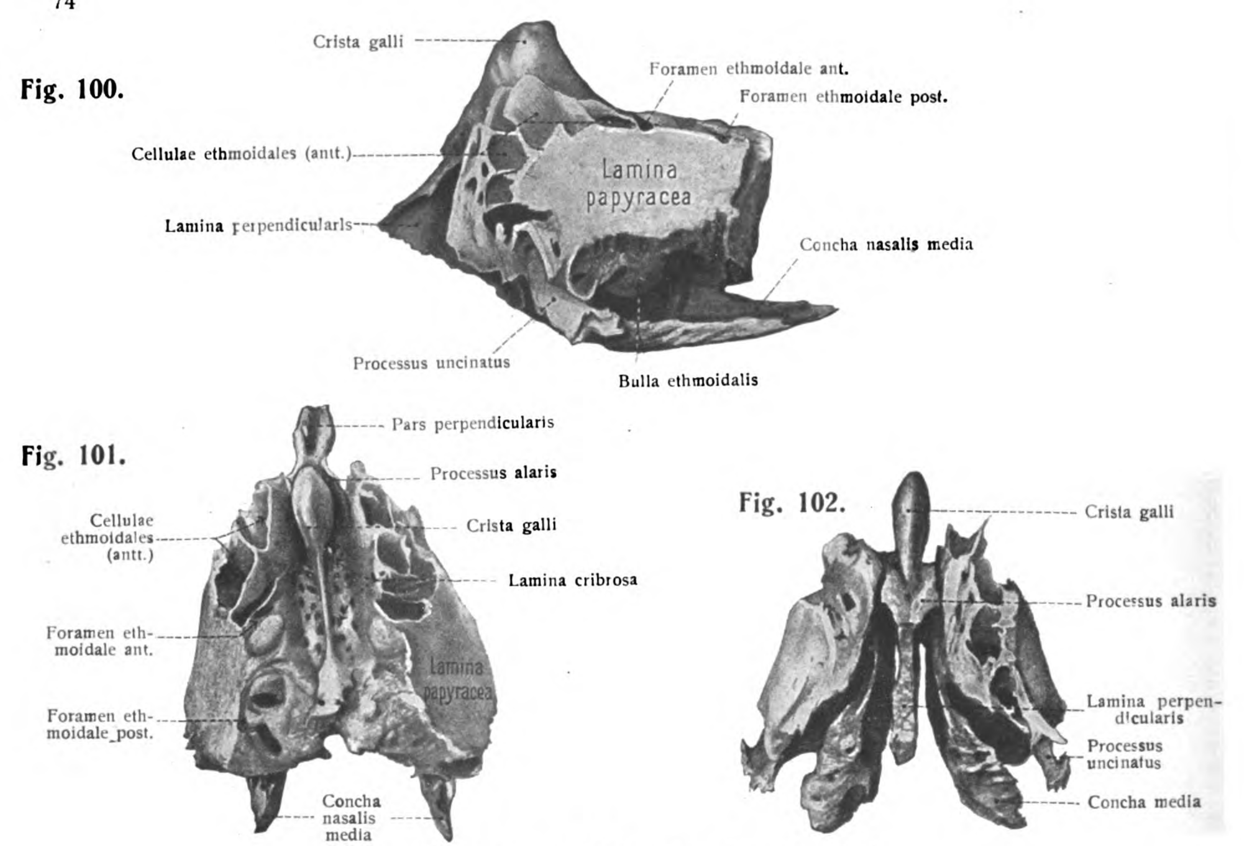


Fig. 100—102. **Siebbein,** Os ethmoidale ($^1/_1$).
Fig. 100. Ansicht von der linken Seite. – Fig. 101. Ansicht von hinten und oben.
Fig. 102. Ansicht von vorn.

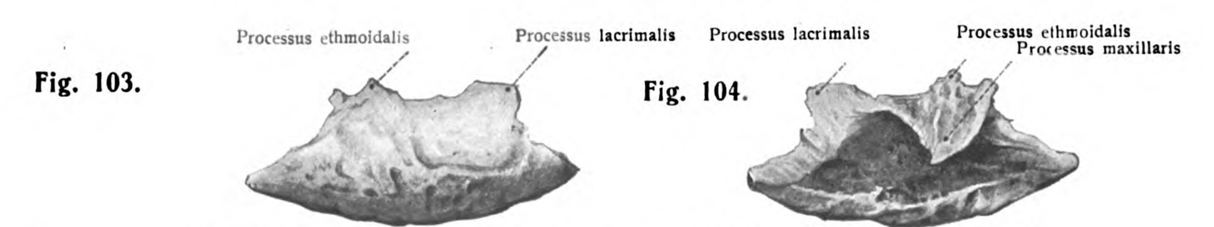


Fig. 103, 104. **Linke untere Nasenmuschel,** Concha nasalis inferior ($^1/_1$).
Fig. 103. Ansicht der medialen Fläche. Fig. 104. Ansicht der lateralen Fläche.

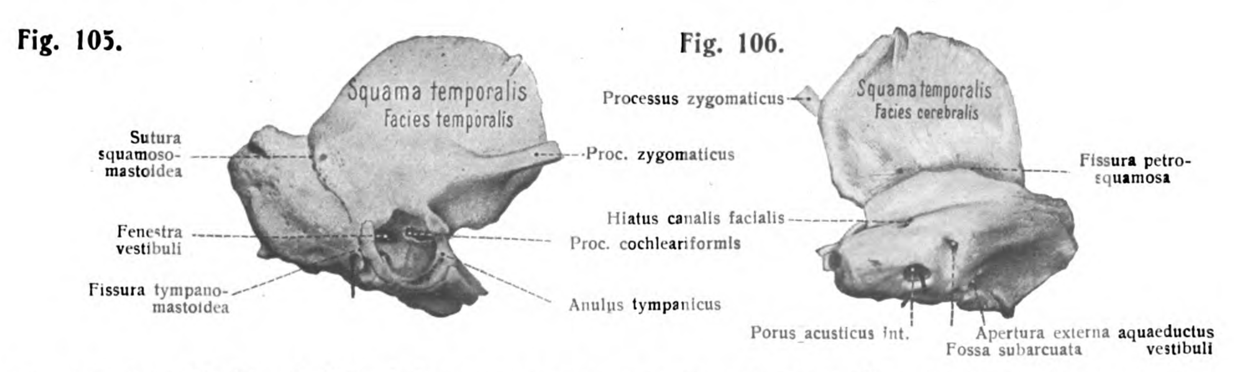


Fig. 105, 106. **Rechtes Schläfenbein,** Os temporale vom Neugeborenen ($^1/_1$). Sonde im Canalis facialis.
Fig. 105. Ansicht von außen. Fig. 106. Ansicht von innen.

(Hyrtl), kommt in ähnlicher Weise zustande, indem eine dünne Knochenspange, welche höher oben von der Lamina lateralis ausgeht, sich an der Unterfläche des großen Flügels befestigt; auch sie ist normal als Bandstreifen vertreten. Das Loch dient zum Durchtritt eines Teils des N. trigeminus. Lamina pterygospinosa und crotaphitico-buccinatoria stellen Theromorphien dar (A. v. Brunn, 1891).

Wie die vergleichende Anatomie lehrt, geht der Anstoß zur Bildung des Sinus sphenoidalis vom Siebbein und dem Geruchsorgan aus. Der Sinus ist bei allen Quadrupeden bis zu den Halbaffen ganz oder teilweise durch die hinteren Abschnitte der hintersten Muscheln des Siebbeins ausgefüllt. S. unten: Conchae nasales. Eine Längsteilung der Ala magna ossis sphenoidalis beschreibt V. G. Ruggeri (1900) und nennt das hintere Stück Os praetemporale.

Schlungbaum, Keilbeinhöhlen von großer Ausdehnung. Arch. Laryngologie Bd. 16, 1904. — Sokolow, Der Canalis craniopharyngeus. Dissertation. Basel 1904. — Waldeyer, Bemerkungen über Gruben, Kanäle usw. am Körper des Grundbeins. Intern. Monatsschr. Anat. u. Phys. XXI. 1905.

γ. Das Siebbein, Os ethmoidale. Figg. 100—102, 107, 153—155.

Das Siebbein besitzt eine fast kubische Gestalt und ist bei seiner Größe sehr leicht, da es aus dünnen Knochenblättern besteht, welche zahlreiche Hohlräume zwischen sich fassen. Man unterscheidet an ihm eine mediane senkrechte Platte und zwei Seitenteile, welche oben durch eine horizontale, siebartig durchbrochene Platte miteinander verbunden werden.

Die senkrechte Platte, Lamina perpendicularis, bildet den oberen Teil der Nasenscheidewand. Ihr oberer Rand dringt in die Schädelhöhle in Form eines vorn sich stärker erhebenden Kammes vor, Crista galli, an welchem sich die Hirnsichel befestigt. Fig. 107.

Der vordere Rand des Hahnenkamms steht senkrecht, besitzt gewöhnlich eine Furche und legt sich, unten beiderseits begrenzt durch einen kurzen Fortsatz, Processus alaris, mit diesem an das Foramen caecum des Stirnbeins an, welches dadurch gebildet wird.

Unterhalb der Siebplatte schließt sich der vordere Rand der Lamina perpendicularis an den Nasenteil des Stirnbeins und die Nasenbeine an. Der untere Rand verbindet sich zuweilen vollständig mit der knorpeligen Nasenscheidewand, in der Regel aber hinten mit dem Pflugscharbein, vorn mit der knorpeligen Nasenscheidewand. Der hintere dünne Rand legt sich an die Crista sphenoidalis an. Die Lamina perpendicularis besitzt in ihrem oberen Gebiet eine Anzahl von Furchen und kleinen Kanälen, welche mit den medialen Löchern der Siebplatte in Verbindung stehen; in ihnen verlaufen die Nervi olfactorii. Fig. 107.

Die Lamina cribrosa befindet sich zu beiden Seiten des Hahnenkammes; auf ihr ruhen die Riechkolben des Gehirns. Sie ist durchsetzt von zahlreichen kleinen Löchern, durch welche die Nervi olfactorii sowie die A. und V. und der N. ethmoidalis ant. hindurchtreten.

Die beiden Seitenteile, Siebbeinlabyrinthe, Labyrinthi ethmoidales, schließen eine größere Anzahl von dünnwandigen Hohlräumen, Cellulae ethmoidales, ein, welche am nichtmacerierten Knochen von Fortsetzungen der Nasenschleimhaut ausgekleidet werden. Es sind ihrer mehrere Gruppen vorhanden, deren einzelne Teile untereinander zusammenhängen.

Die laterale Seite jedes Labyrinths wird teilweise gedeckt durch eine dünne glatte Knochentafel, Papierplatte, Lamina papyracea, welche sich vorn mit dem Tränenbein, hinten mit dem Keilbein, oben mit dem Stirnbein, unten mit dem Oberkiefer- und dem Gaumenbein verbindet. Vorn erstreckt sich das Labyrinth über die Papierplatte hinaus und wird hier von dem Tränenbein und dem Stirnfortsatz des Oberkieferbeins gedeckt. Von der vorderen unteren Abteilung des

Labyrinths geht eine lange dünne, säbelförmig gekrümmte Knochenplatte aus, Processus uncinatus, welche nach unten hinten zieht, den Eingang zur Oberkieferhöhle schließen hilft und mit ihrem hinteren unteren Ende bis an den Processus ethmoidalis der unteren Muschel reicht und oft mit ihm knöchern verbunden ist.

Die mediale Fläche des Labyrinthes beteiligt sich an der Bildung der lateralen Wand der Nasenhöhle und besteht aus einer dünnen, rauhen, von Furchen durchzogenen Knochenplatte, welche oben mit der Siebplatte zusammenhängt und eine Anzahl von Kanälen und Furchen für die Nn. olfactorii und deren Zweige besitzt. Sie ist in ihrer hinteren Hälfte durch eine tiefe Rinne ausgezeichnet, den oberen Nasengang, Meatus nasi superior, in welchen die hinteren Siebbeinzellen münden. Der kurze, über diese Rinne hinwegragende Knochenrand heißt obere Muschel, Concha nasalis superior. Der unter der Rinne gelegene Teil der medialen Wand des Labyrinthes stellt ein leicht gefaltetes, vorn freies Knochenstück von größerer Ausdehnung dar, die mittlere Muschel, Concha nasalis media, welche den mittleren Nasengang, Meatus nasi medius, überdeckt. Vom vorderen Teil des mittleren Nasengangs führt ein trichterförmiger Raum, Infundibulum maxillare, zwischen Processus uncinatus und Bulla ethmoidalis zur Oberkieferhöhle und (in 50 Proz.) zur Stirnhöhle. Die nasale Öffnung des Infundibulum heißt Hiatus semilunaris; außerdem münden die vorderen Siebbeinzellen hier aus. Häufig findet man hinten über der oberen Muschel, durch einen Meatus nasi supremus von ihr getrennt, eine oberste kleine Muschel, Concha nasalis suprema (Santorini).

Am isolierten Siebbein ist ein ganzer Ring von Siebbeinzellen außen offen; andere Schädelknochen übernehmen die Deckung, soweit die Lamina papyracea sie nicht gibt. Nach dieser Deckung sind früher die freiliegenden Siebbeinzellen benannt worden. Heute unterscheiden wir nur vordere und hintere Siebbeinzellen und nennen vordere die in den mittleren Nasengang, hintere die in den oberen Nasengang mündenden Zellen. Eine durch Lage und Größe ausgezeichnete vordere Zelle, Bulla ethmoidalis, liegt dem hinteren Rande des Processus uncinatus gegenüber.

Am oberen Rand der Lamina papyracea liegen zwei Furchen, welche mit dem Stirnbein das Foramen ethmoidale anterius und posterius bilden. Über die zum Siebbein gehörige Concha sphenoidalis siehe Keilbein.

Zunächst ist nun die untere Muschel zu betrachten als ein Knochen, welcher mit dem Siebbein aus der gleichen Anlage hervorgeht. Siebbein und untere Muscheln nämlich sind primordiale Knochen, welche aus dem hinteren Teil der knorpligen Nasenkapsel hervorgehen, während der vordere Teil dauernd knorplig bleibt und die knorplige Nasenscheidewand und die äußeren Nasenknorpel liefert.

δ. Die untere Muschel, Concha nasalis inferior. Figg. 103, 104, 153—155.

Die untere Muschel ist ein paariger, schalenförmiger Knochen, welcher mit dem oberen Rand an der lateralen Wand der Nasenhöhle befestigt ist und in diese so hineinragt, daß sie den mittleren von dem unteren Nasengange trennt. Ihre gewölbte Fläche ist medianwärts gerichtet, ihr unterer freier Rand etwas umgerollt und verdickt.

Der obere Rand heftet sich vorn an die Crista conchalis des Stirnfortsatzes des Oberkieferbeins, sendet darauf ein Knochenplättchen nach oben, Processus lacrimalis, welches sich an das Tränenbein anlegt. Weiter hinten liegt ein anderer, lateralwärts umgebogener, nach unten ge-

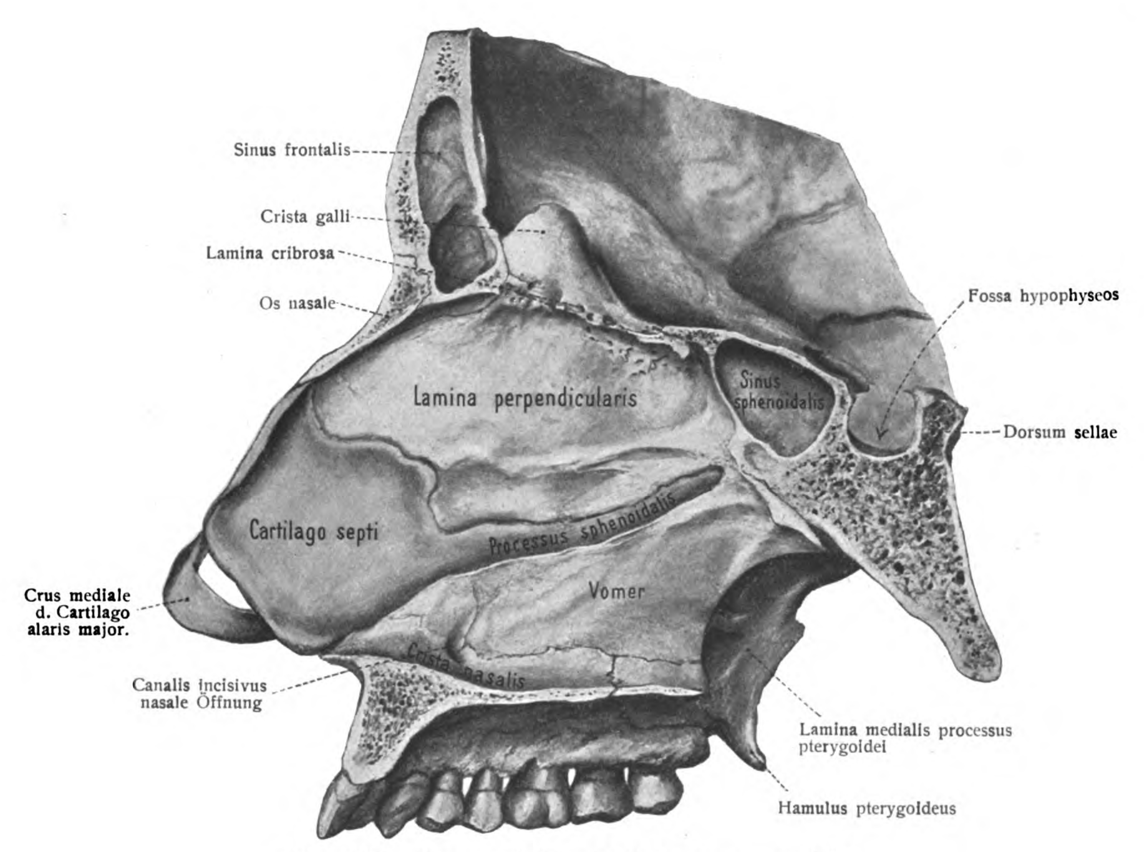


Fig. 107. Nasenscheidewand, Septum nasi ($^1/_1$).
Knorpel blau.

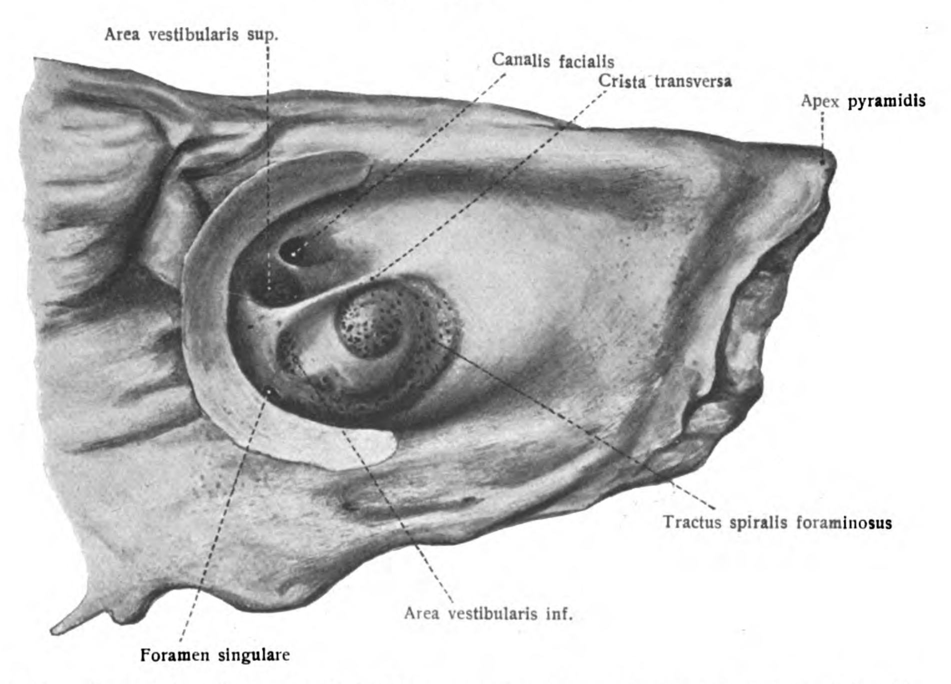


Fig. 108. Grund des inneren Gehörganges, Fundus meatus acustici interni (5 : 1) vom linken Schläfenbein.

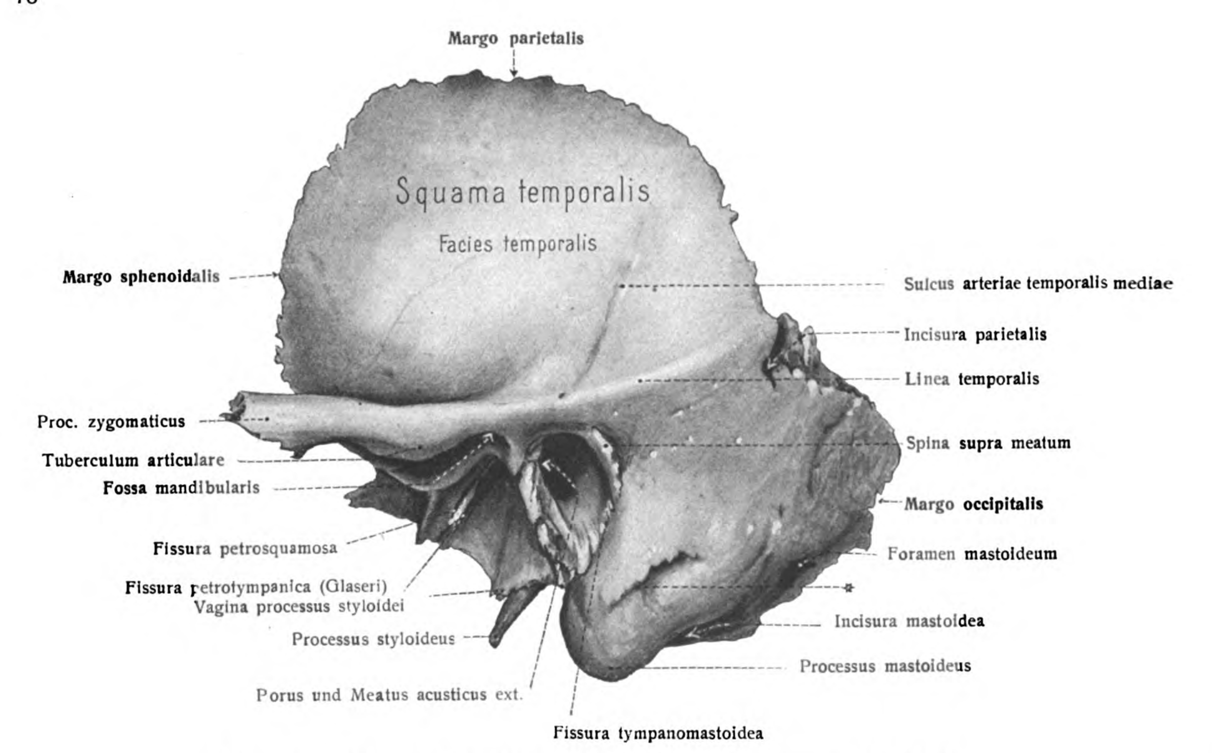


Fig. 109. Linkes Schläfenbein, Os temporale, von außen ($^1/_1$).
* bezeichnet den nicht immer vorhandenen Rest der Sutura squamosomastoidea.

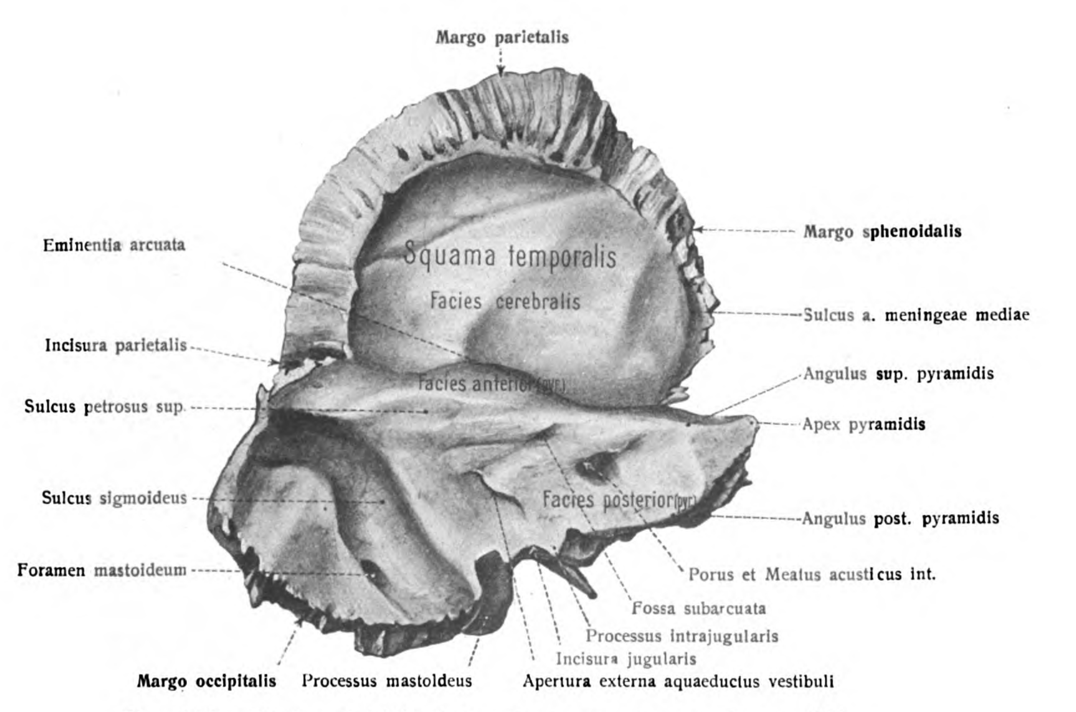


Fig. 110. Linkes Schläfenbein, Os temporale, von innen ($^1/_1$).

richteter Fortsatz, Processus maxillaris, welcher an dem unteren Rand der Mündung der Oberkieferhöhle sich einhängt und deren medialen Verschluß vervollständigt. Ein dritter Fortsatz endlich, Processus ethmoidalis, strebt wieder aufwärts und legt sich an den Processus uncinatus des Siebbeins an. Das hintere, ausgezogene Ende der Muschel ist an die Crista conchalis des Gaumenbeins angefügt.

ε. **Das Schläfenbein,** Os temporale. Figg. 92, 105, 106, 108—116.

Das Schläfenbein nimmt an der Bildung der Basis und der Seitenwand des Schädels teil, füllt die Lücke zwischen Hinterhauptbein, Keilbein, Scheitelbein aus und enthält die wichtigsten Teile des Gehörorgans. Es besteht aus vier Teilen, dem Warzen-, Felsen-, Paukenteil und der Schuppe. Zu der an der Außenfläche des Schläfenbeins liegenden großen Öffnung, dem Porus acusticus externus, verhalten sich die vier Teile so, daß der Felsenteil medial, der Warzenteil hinten, der Schuppenteil oben, der Paukenteil unten und vorn gelegen ist.

1. Pars petrosa.

Die Pars petrosa (Pyramis) gleicht einer liegenden Pyramide. Ihre Basis nimmt die Pars mastoidea auf; ihre Längsaxe ist nach vorn und medianwärts gerichtet.

Ihre vordere Fläche, Facies anterior, abgegrenzt von der Squama temporalis durch die nur an jugendlichen Individuen deutliche Fissura petrosquamosa (Fig. 106), ist leicht nach vorn abschüssig, hilft die mittlere Schädelgrube bilden und läßt eine Reihe von Besonderheiten erkennen. Eine in der Nähe der Spitze befindliche flache Vertiefung, Impressio trigemini, zeigt die Lage der Wurzeln des N. trigeminus und des Ganglion semilunare (Gasseri) an. Eine schmale Furche, Sulcus n. petrosi superficialis majoris, für den ebenso genannten Nerven bestimmt, zieht von der Impressio trigemini lateralwärts zu einer kleinen Pforte, Hiatus canalis facialis, welche zu dem im Innern befindlichen Fallopischen Kanal führt. Lateralwärts oder im Endstück jener Furche befindet sich die kleine Apertura superior canaliculi tympanici, zu der oft eine feine Parallelfurche, Sulcus n. petrosi superficialis minoris, den Weg zeigt; sie ist bestimmt für den N. petrosus superficialis minor. Weiter lateral- und rückwärts gibt eine rundliche Hervorragung, Eminentia arcuata, die Lage des zum Gehörlabyrinth gehörigen Canalis semicircularis superior an. Das zwischen ihr und der Fissura petrosquamosa gelegene Feld wird von einer dünnen Knochenplatte eingenommen, dem Dach der Paukenhöhle, Tegmen tympani, nach dessen Durchbrechung man in die Paukenhöhle gerät.

Die hintere Fläche, Facies posterior, ist zugleich median- und aufwärts gerichtet, nimmt teil an der Bildung der hinteren Schädelgrube und besitzt nahezu in ihrer Mitte den Porus acusticus internus, welcher in einen kurzen weiten Gang, den Meatus acusticus internus, führt. Der Grund des Ganges, Fundus meatus acustici interni, wird durch eine quere Leiste, Crista transversa, in ein oberes und unteres Gebiet geteilt. (Fig. 108.) Der obere Teil, Area n. facialis, enthält nach vorn ein rundliches Loch, den Anfang der Canalis facialis; nur von diesem ist für jetzt Kenntnis zu nehmen, von den übrigen Einzelheiten wird bei den Sinnesorganen die Rede sein. In dem inneren Gehörgang liegen der N. acusticus und der N. facialis nebst Gefäßen.

Lateral vom Porus acusticus internus liegt 1. in der Nähe der oberen Kante die Fossa subarcuata, welche beim Neugeborenen weitaus größer ist (Fig. 106),

eine nicht von Knochensubstanz erfüllte Lücke darstellt und einen Fortsatz der harten Hirnhaut einschließt; 2. weiter unten, in fast horizontaler Richtung 8 mm nach außen vom Porus acusticus internus, die wichtige spaltförmige Apertura externa aquaeductus vestibuli, welche von lateralunten zugängig ist. In ihr ist unter anderem eine Fortsetzung des häutigen Labyrinths, der Ductus endolymphaticus enthalten.

Die untere Fläche (Fig. 111), Facies inferior, der Pars petrosa zeigt hinter dem Griffelfortsatz, Proc. styloideus, welcher umscheidet ist von der Vagina processus styloidei, die untere Mündung des Fallopischen Kanals, das Foramen stylomastoideum. Medial folgt die Fossa jugularis. Sie stößt dicht an den hinteren Rand und schneidet ihn ein als Incisura jugularis. In der Fossa jugularis verläuft eine Furche, Sulcus canaliculi mastoidei, mit dem Eingange in den oben erwähnten Canaliculus mastoideus, welcher den merkwürdigen Ramus auricularis nervi vagi quer am Canalis facialis vorbei nach außen führt. Weiter vorn und ein wenig medial liegt das Foramen caroticum externum, der Eingang zum Canalis caroticus, welcher die Arteria carotis interna usw. in die Schädelhöhle geleitet. Die innere Mündung des Canalis caroticus, Foramen caroticum internum, liegt schräg abgeschnitten an der vorderen Kante der Pars petrosa, nahe der Spitze der Pyramide. Fig. 112.

Zwischen der Fossa jugularis und dem Foramen caroticum externum befindet sich die flache Fossula petrosa, aus welcher ein Nervenkanal in die Paukenhöhle dringt, der Canaliculus tympanicus, dessen untere Öffnung, Apertura inferior canaliculi tympanici, leicht sichtbar ist. Medial neben der Fossula petrosa, vor der Fossa jugularis, liegt eine dreiseitige Grube; in ihrer Tiefe mündet der Canaliculus cochleae mit der Apertura externa canaliculi cochleae. Medianwärts vom Foramen caroticum externum ist eine rauhe Fläche vorhanden, an welcher der Musculus levator veli palatini entspringt.

Von den Kanten, Angulus superior, anterior, posterior pyramidis, ist folgendes zu erwähnen:

Die obere Kante ist gefurcht für die Aufnahme des oberen Felsenblutleiters, Sulcus petrosus superior. (Fig. 110.) Die Furche dringt lateralwärts zum großen Sulcus sigmoideus des Warzenteils. Die hintere Kante ist auf der unteren Fläche ebenfalls gefurcht zum Sulcus petrosus inferior. Sie enthält die Incisura jugularis mit dem häufigen Processus intrajugularis. (Fig. 92.) An der Spitze der Pyramide, Apex pyramidis, liegen das Foramen caroticum internum, und die Mündung des Canalis musculotubarius, an der lateralen Wand des Canalis caroticus. Blickt man in den Canalis musculotubarius (Fig. 112), so sieht man ein mehr oder weniger breites, horizontal gestelltes Knochenblättchen, Septum canalis musculotubarii, den Kanal in zwei Gänge teilen, deren oberer, Semicanalis m. tensoris tympani den M. tensor tympani beherbergt; deren unterer den im frischen Zustande von Schleimhaut ausgekleideten Semicanalis tubae auditivae darstellt, welcher lateral in die Paukenhöhle ausläuft. Von der vorderen Kante sind ferner noch zu erwähnen die Fissura petrosquamosa und petrotympanica (Glaseri). (Fig. 109.) Endlich ist hier noch von der unteren Kante zu wiederholen, daß sie den merkwürdigen, knorplig vorgebildeten und das obere Stück eines knorplig gewesenen Kiemenbogens darstellenden Griffelfortsatz, Processus styloideus, trägt, sowie die Vagina processus styloidei

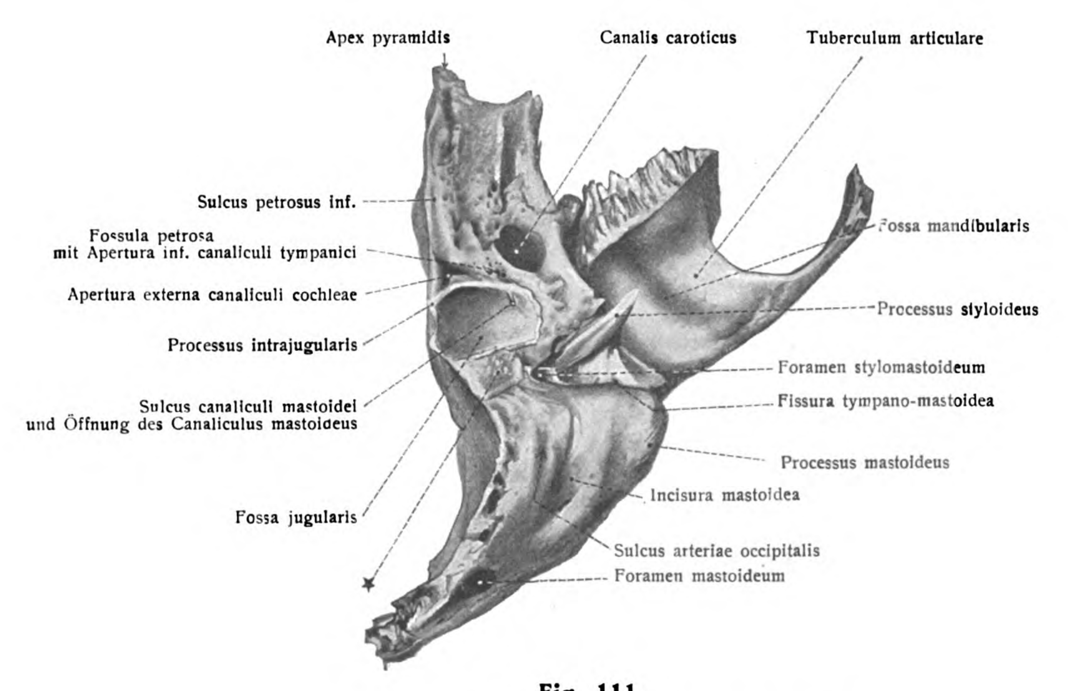


Fig. 111.
Linkes Schläfenbein, Os temporale, von unten ($^1/_1$).
* bezeichnet die Fläche, welche mit dem Processus jugularis des Os occipitale verbunden ist.

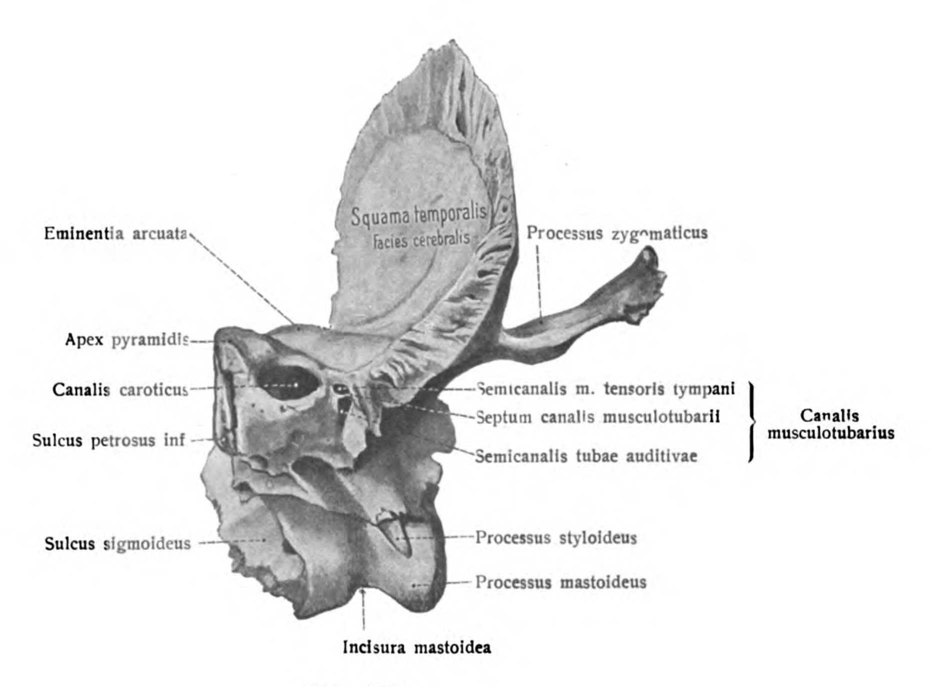


Fig. 112.
Linkes Schläfenbein, Os temporale, von vorn ($^1/_1$).

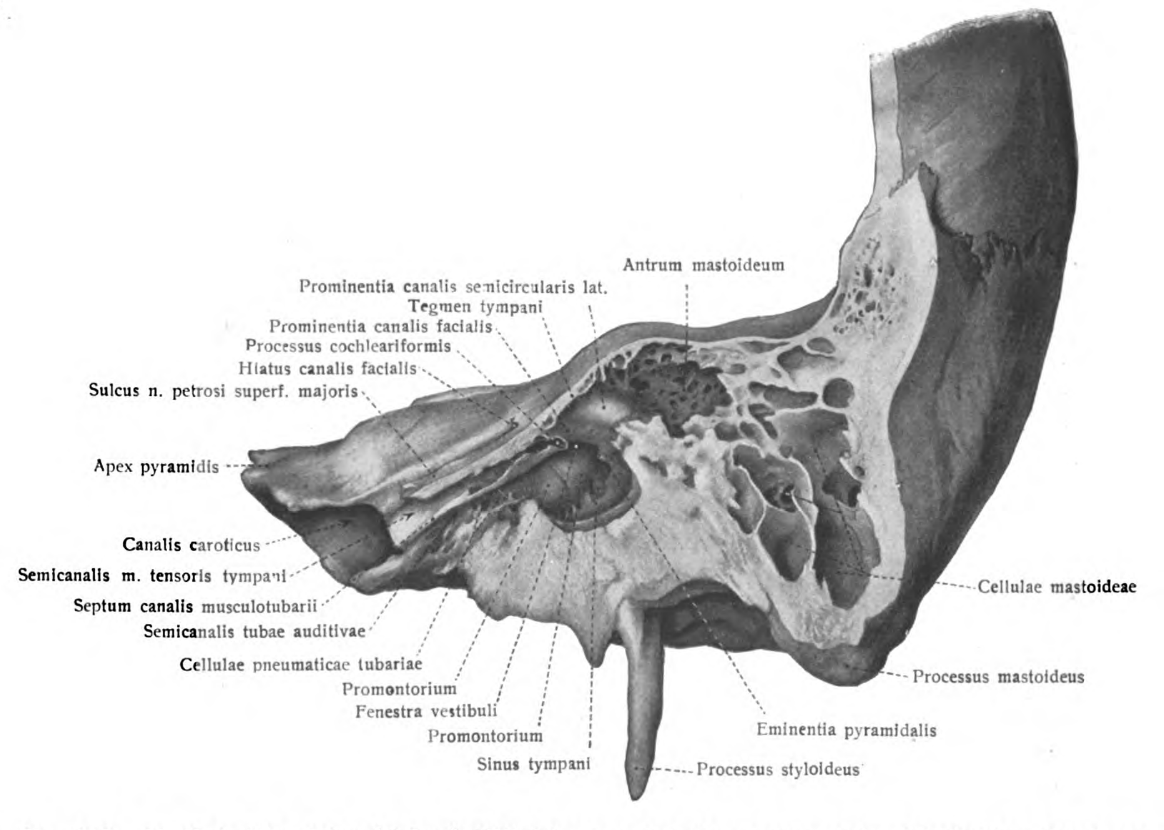


Fig. 113. Mediale Wand des (linken) Mittelohres, nebst den angrenzenden Abschnitten der oberen unteren, hinteren und vorderen Wand. (1,5 : 1).

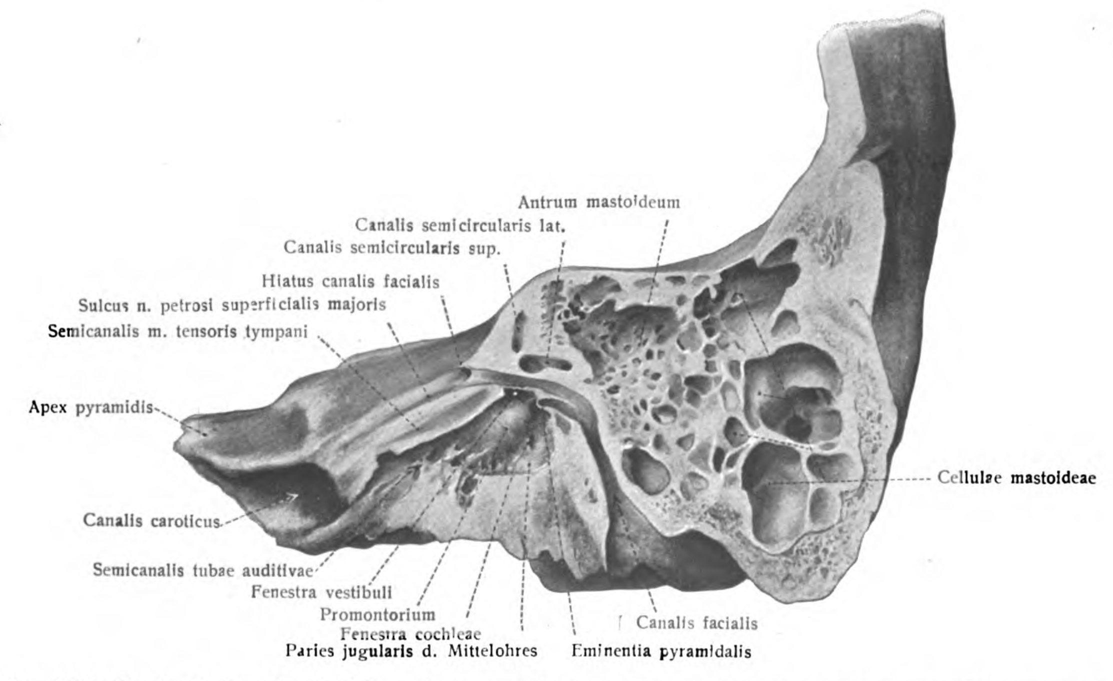


Fig. 114. Verlauf des Fascialiskanales, dargestellt am Präparat der Fig. 113 durch Wegnahme einer dünnen Knochenschicht. (1,5 : 1).

und die Crista petrosa. So sind auch die Eigentümlichkeiten der drei Kanten oder Ränder der Pars petrosa nunmehr bekannt geworden.

Die Tiefe der Fossa jugularis ist außerordentlich verschieden. Sie hängt ab von der mehr oder weniger starken Ausbildung des Sulcus transversus und sigmoideus der betreffenden Seite, welche rechts in der Regel größer sind. (Es kann aber auch umgekehrt sein.) Neben ganz flachen Fossae jugulares kommen äußerst tiefe vor, deren Wand blasig in das Mittelohr vorspringt.

Die zahlreichen Varianten im Vorkommen und Lage des Canaliculus mastoideus erklären sich daraus, daß beim Neugebornen der R. auricularis n. vagi noch außerhalb des Knochens liegt und erst später von Knochensubstanz umgeben wird (Frohse).

Kanäle der Pars petrosa.

1. Der weiteste dieser Kanäle ist der Canalis caroticus. (Figg. 111, 112.) Er beginnt in der Mitte der unteren Fläche des Felsenbeins, steigt anfangs ziemlich vertikal in die Höhe, kommt so am vorderen medialen Teil des Mittelohrs vorüber, biegt dann unterhalb der Schnecke des Labyrinths beinahe rechtwinklig medianvorwärts um und endigt schwach ansteigend an der Spitze des Felsenbeins, wo er oben meist unvollständig gedeckt ist. Zwei feine Canaliculi caroticotympanici führen von ihm zur Paukenhöhle.

2. Der Canalis facialis (Fallopii) beginnt in der oberen Abteilung des Fundus meatus acustici int. in der Area n. facialis (Fig. 108), verläuft fast gerade nach vorn gegen den Hiatus canalis facialis, biegt dann spitzwinklig nach lateral und hinten um, unter Bildung des Knies, Geniculum canalis facialis; dann zieht er über der Fenestra vestibuli der Paukenhöhle hinweg, zwischen dieser und dem nackten Teil des horizontalen Bogenganges liegend, und biegt unterhalb des horizontalen Bogenganges abermals, jedoch in abgerundetem Winkel, nach unten ab, wo er mit dem Foramen stylomastoideum endigt. (Fig. 114.)



Unterhalb dieser Umbiegung steht die Eminentia pyramidalis der Paukenhöhle mit dem Kanal in Verbindung. Kurz vor seiner unteren Mündung entläßt der Kanal den wichtigen Canaliculus chordae tympani. Dieser zieht nach vorn oben und mündet dicht am hinteren Rand des Sulcus tympanicus in die Paukenhöhle.

Die Chorda tympani selber, ein Nerv, dringt darauf zwischen Hammer und Amboß hindurch in die Fissura petrotympanica und gelangt jenseits derselben zum N. lingualis.

Der untere Teil des Canalis facialis wird gekreuzt vom Canaliculus mastoideus, welcher in der Fossa jugularis beginnt und in der Fissura tympanomastoidea endigt.

Am Verlauf des Facialiskanals kann man also drei Teile unterscheiden. Der erste bis zum Geniculum liegt zwischen Schnecke und Vestibulum, aber über ihnen. Der zweite gehört dem Mittelohr an, seine Lage wird durch die Fenestra vestibuli und den nackten Teil des horizontalen Bogenganges bestimmt, der dritte Teil verläuft meist senkrecht nach unten, parallel der hinteren Wand der Paukenhöhle, 1—2 mm von ihr entfernt.

3. Von der Fossula petrosa steigt der Canaliculus tympanicus nahezu senkrecht aufwärts in die Paukenhöhle. Hier wird er fortgesetzt durch eine auf der medialen Wand der Paukenhöhle verlaufende Furche, Sulcus tympanicus, welche aufwärts zieht, die obere Wand der Pars petrosa durchbricht und als Apertura superior canaliculi tympanici lateral vom Hiatus canalis facialis zum Vorschein kommt.

4. Parallel mit dem oberen Teil des Canalis caroticus und an dessen vorderer Seite verläuft der Canalis musculo-tubarius, an dem einspringenden Winkel zwischen Pars petrosa und Squama beginnend. Mit seiner oberen Abteilung, dem Semicanalis tensoris tympani, und seiner unteren weiteren Abteilung, dem Semicanalis tubae auditivae, zieht er nach lateral und hinten. Schräg gegenüber dem äußeren Gehörgang münden beide Kanäle in die Paukenhöhle ein. Fig. 113.

2. Pars tympanica.

Die Pars tympanica bildet den Boden und die Seitenwände des Meatus acusticus externus. Ihr freier (lateraler) Rand umgrenzt zusammen mit der Schuppe den Porus acusticus externus. Ihr oberer umgerollter Rand ist lateral überragt von einem Teil der Schuppe; zwischen ihr und der Pars tympanica drängt sich eine Knochenleiste des Petrosum vor, nämlich der Processus inferior tegminis tympani (Kirchner). So kommen zwei Spalten zustande, die Fissura petrotympanica und die Fissura petrosquamosa. (Fig. 109). Die Fissura petrotympanica (Glaseri) ist die wichtigere; sie führt in die Paukenhöhle, läßt die Chorda tympani (einen Nerven) durchtreten und enthält den Processus ant. mallei sowie das Lig. mallei ant. Der entgegengesetzte untere Rand der Knochenplatte stellt einen scharfen Grat dar, Crista petrosa, und umgibt scheidenartig die Wurzel des Griffelfortsatzes als Vagina processus styloidei. An der Grenze gegen die Pars mastoidea liegt die Fissura tympanomastoidea, innerhalb welcher durch aufmerksames Sondieren die äußere Mündung des morphologisch wichtigen Canaliculus mastoideus gefunden wird. Die konkave Innenfläche der Pars tympanica trägt in der Tiefe eine zierliche Furche zur Aufnahme des Trommelfells, den Sulcus tympanicus. Beim Neugebornen ist noch kein Meatus acusticus externus vorhanden, die Pars tympanica erscheint als Spange, Anulus tympanicus, deren freie Enden, Spina tympanica major (die vordere) und minor (die hintere) sich an den unteren Rand der Squama temporalis anlegen und zwischen sich die Incisura tympanica (Rivini) der Schläfenschuppe lassen. Figg. 105, 314.

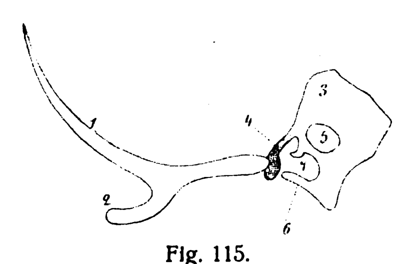


Fig. 115.

Querschnitt des Schläfenbeins im Gebiete des Tegmen tympani. 2:3.
1 Squama; 2 Processus zygomaticus; 3 Pars petrosa; 4 Tegmen tympani; 5 Canalis caroticus; 6 Pars tympanica; 7 Canalis musculotubarius; oberhalb 7 Septum canalis musculotubarii; vor 6 Fissura petrotympanica. (Glaseri.)

3. Pars mastoidea.

Die Pars mastoidea ist eine außen konvexe, innen konkave dicke Knochenplatte, welche unten an Dicke zunimmt und vorn mit den beiden anderen Abteilungen des Schläfenbeins in Verbindung steht. Ihre Außenfläche ist infolge der Insertion von Muskeln größtenteils rauh und verlängert sich hinter dem Porus acusticus externus abwärts in einen zitzenförmigen Fortsatz, Processus mastoideus. (Fig. 109.) Der zur Verbindung mit dem Os occipitale bestimmte Rand heißt Margo occipitalis.

An der medialen Fläche ist der Fortsatz tief eingeschnitten durch die Incisura mastoidea, in welcher der hintere Bauch des M. digastricus entspringt. Medial von ihr liegt der Sulcus arteriae occipitalis. Auf der Innenfläche des Warzenteiles ist der tiefe Sulcus sigmoideus sichtbar, welcher innerhalb des

mit dem Felsenteil gebildeten Winkels herabläuft und einen Teil der Furche für den Sinus sigmoideus der harten Hirnhaut bildet. Ein Venendurchgang (Emissarium) von wechselnder Größe und Zahl, das Foramen mastoideum, Warzenloch, durchbohrt gewöhnlich den Knochen in der Nähe seines hinteren Randes und mündet in den Sulcus sigmoideus ein; manchmal mündet die Öffnung in der Sutura occipitomastoidea aus. Der obere Rand des Warzenteils ist von demjenigen des Schuppenteils durch einen Einschnitt, Incisura parietalis, getrennt. Figg. 109, 110.

Wie die Pars petrosa, so ist auch die Pars mastoidea, und zwar vom Pharynx aus, pneumatisiert, d. h. von lufthaltigen Räumen eingenommen, welche im frischen Zustande von einer Schleimhaut ausgekleidet werden. Die Pars mastoidea enthält eine an das Cavum tympani sich anschließende Höhle, das Antrum tympanicum, wohl besser Antrum mastoideum genannt, und in der Fortsetzung der letzteren ein ansehnliches Fächerwerk kleiner Hohlräume, Cellulae mastoideae, welche ihrem Wesen nach ganz mit den Cellulae ethmoidales übereinstimmen. Figg. 113, 114.

4. Squama temporalis.

Die Squama temporalis stellt eine innen konkave, scheibenförmige Knochenplatte dar, an welcher eine Facies temporalis und eine Facies cerebralis zu unterscheiden sind. Sie vervollständigt die Seitenwand des Schädels zwischen Scheitel- und Keilbein, mit welchen der Margo parietalis und der Margo sphenoidalis verbunden sind.

Der bogenförmige Rand der Schuppe umfaßt beinahe zwei Drittel eines Kreises und zeigt meist einige Unregelmäßigkeiten in seiner Biegung, so daß sich die Grenze seiner Anlagerung an das Scheitelbein und den großen Keilbeinflügel entweder als eine kleine Hervorragung oder als ein seichter Einschnitt markiert. Der größte Teil des Randes ist auf Kosten seiner inneren Fläche zugeschärft, so daß die innere Knochentafel von der äußeren beträchtlich überragt wird. Nur das in der Nähe der Pars petrosa liegende Stück des Margo sphenoidalis, welches in Verbindung mit dem großen Keilbeinflügel steht, zeigt einen Zackenrand. Die innere Fläche, Facies cerebralis, besitzt Impressiones digitatae und Juga cerebralia sowie parallel dem vorderen Teil des Randes den Sulcus arteriae meningeae mediae. Die äußere Fläche, Facies temporalis, ist in ihrer oberen Abteilung leicht gebogen, durch den Ursprung des M. temporalis rauh, mit einer in der Gegend des Porus acusticus externus aufsteigenden Gefäßfurche, Sulcus arteriae temporalis mediae, versehen, und bildet einen Teil der Wand der Schläfengrube. Nach vorn erstreckt sich ein langer Fortsatz, Processus zygomaticus, Jochfortsatz. Er ist an seinem Ursprung breit und zeigt eine obere und eine untere Fläche. Darauf wird er schmaler und dreht sich so um sich selbst, daß er eine mediale und laterale Fläche, einen oberen und unteren Rand entwickelt. Der obere Rand ist am schärfsten und ragt am weitesten nach vorn. Das schräge, zackige vordere Ende verbindet sich mit dem Wangenbein. Nach hinten geht er über in die praktisch wichtige Linea temporalis, unter welcher an der hinteren oberen Ecke des Porus acusticus ext. die in 20 Prozent fehlende Spina supra meatum liegt.

Bei Betrachtung von unten sieht man an der Wurzel des Jochfortsatzes das Tuberculum articulare. Hinter dem Tuberculum articulare folgt eine quer-

gestellte ovale Grube, die Gelenkgrube des Unterkiefers, Fossa mandibularis, deren Überknorpelung sich unmittelbar auf das Tuberculum articulare fortsetzt und so eine hüglig gestaltete Facies articularis hervorruft. Hinter der Gelenkgrube folgt ein individuell verschieden stark entwickelter, gewöhnlich niedriger Wulst (Tuberculum tympanicum) und dann jenes wichtige Schuppenstück, welches zu dem äußeren Gehörgang in Beziehung steht und dessen Dach bildet. Es ist konkav, ähnlich der Fossa mandibularis, und endigt in der Tiefe (gegen die Paukenhöhle) mit einem Rand, welcher die Incisura tympanica (Rivini) bildet.

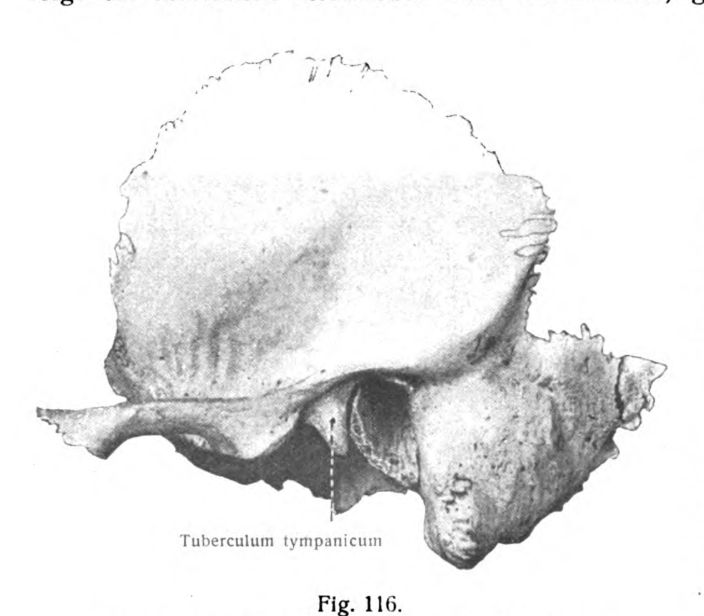


Fig. 116.
Starkes **Tuberculum tympanicum** eines linken Schläfenbeins.

Die Schuppe kann einen vorderen oberen Fortsatz entwickeln, welcher das Stirnbein erreicht (Processus frontalis squamae temporalis) und den großen Keilbeinflügel von der Erreichung des Parietale abdrängt. Dies kommt bei niederen Rassen häufiger vor als bei höheren.

Über das Tuberculum tympanicum, auch als Tuberculum articulare post. bezeichnet, siehe Passow, Anat. Untersuchungen usw. Deutsche med. Wochenschrift 1904, und Passow, Verletzungen des Gehörorgans. Wiesbaden 1905.

b) Deck- oder Belegknochen des Neurocranium.

α. **Das Scheitelbein,** Os parietale. Figg. 117, 118.

Das Scheitelbein hat die Form einer vierseitigen, außen konvexen, innen konkaven Platte, welche einen großen Teil des Schädeldaches bildet und zwischen Occipitale, Frontale, Temporale und Sphenoidale eingefügt ist.

Die an der äußeren Fläche, Facies parietalis, am meisten vorragende Stelle heißt Scheitelhöcker, Tuber parietale. Unterhalb dieses Höckers verläuft von vorn nach hinten eine gebogene niedrige Leiste, welche sich vom Stirnbein auf das Scheitelbein fortsetzt, die Linea temporalis inferior. Weiter oben, bald etwas näher, bald etwas entfernter, verläuft in gleicher Richtung eine meist viel schwächer ausgeprägte Linie, die Linea temporalis superior. Die von beiden Linien begrenzte Zone fällt durch ihre Glätte auf. Die obere Schläfenlinie entspricht der Anheftung der Fascia temporalis, die untere dem Ursprungsrand des M. temporalis. Nahe dem oberen Rand und dem hinteren Winkel des Knochens ist das Foramen parietale sichtbar (Emissarium parietale [Santorini]).

An der Innenfläche, Facies cerebralis, sind Impressiones digitatae und Juga cerebralia sichtbar, ferner verzweigte Sulci arteriosi et venosi, d. i. Furchen, welche dem Lauf des vorderen und hinteren Astes der Arteria meningea

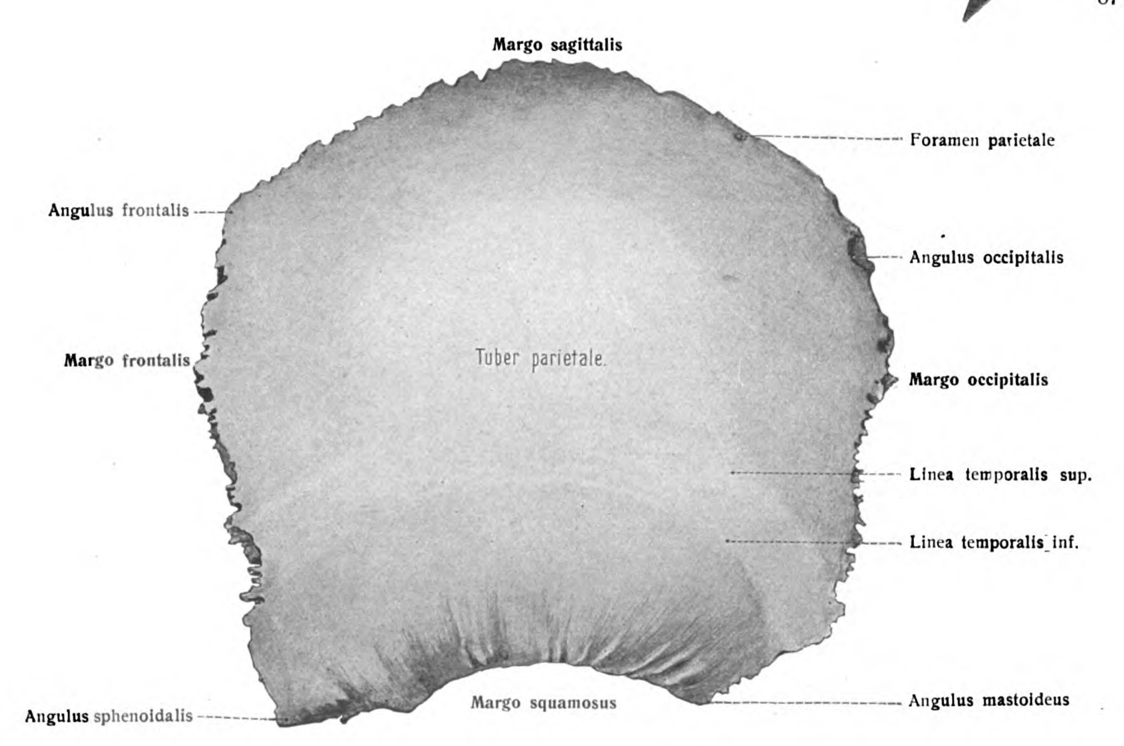


Fig. 117. Linkes Scheitelbein, Os parietale, von außen (4/5).

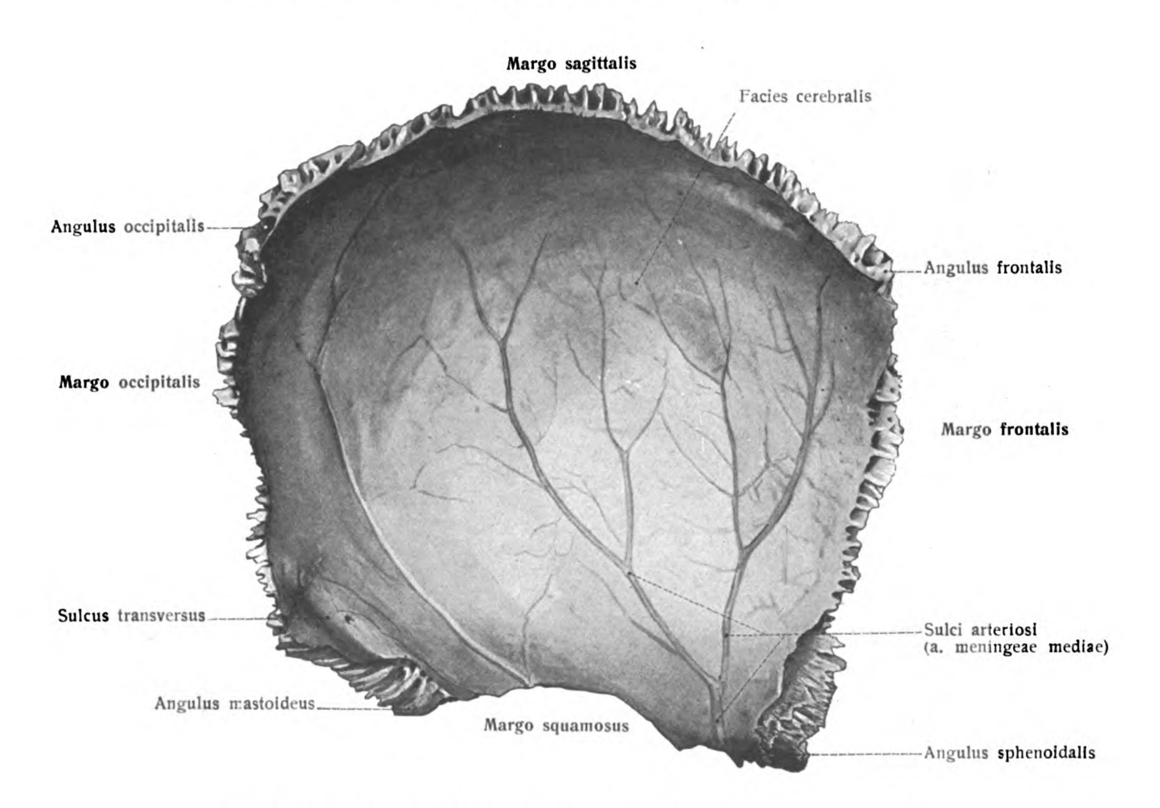


Fig. 118. Linkes Scheitelbein, Os parietale, von innen (4/5).

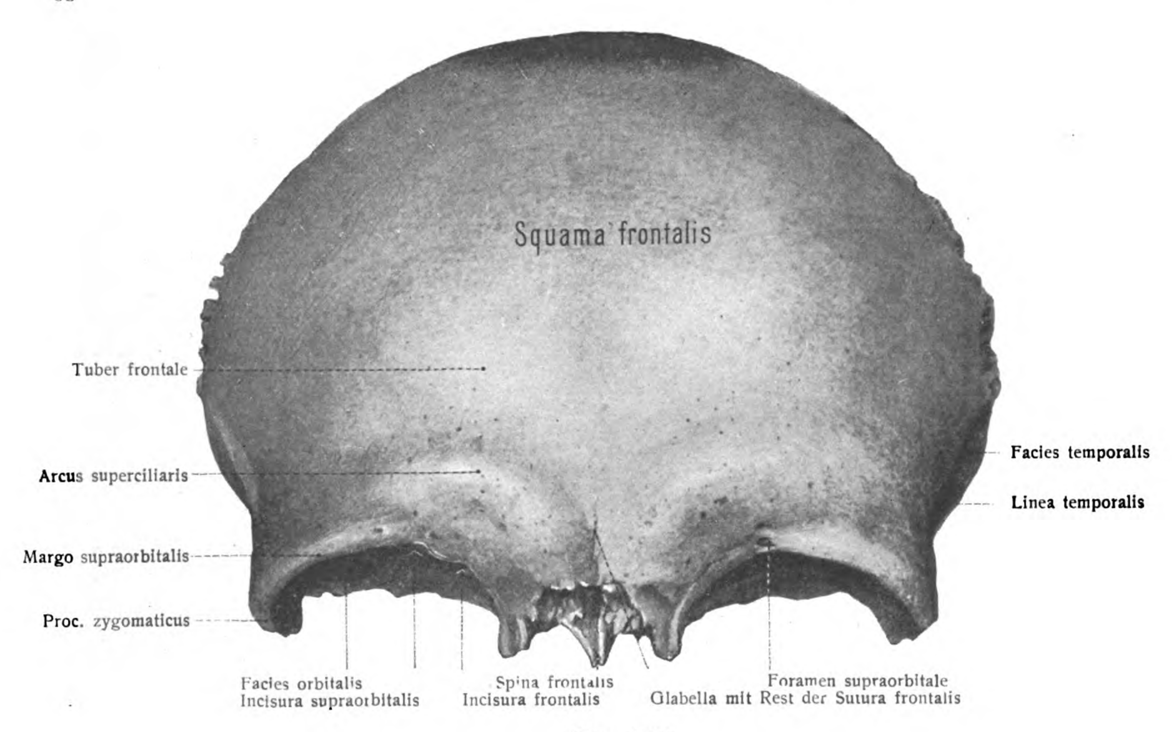


Fig. 119.
Stirnbein, Os frontale, von vorn (außen) (1/1).

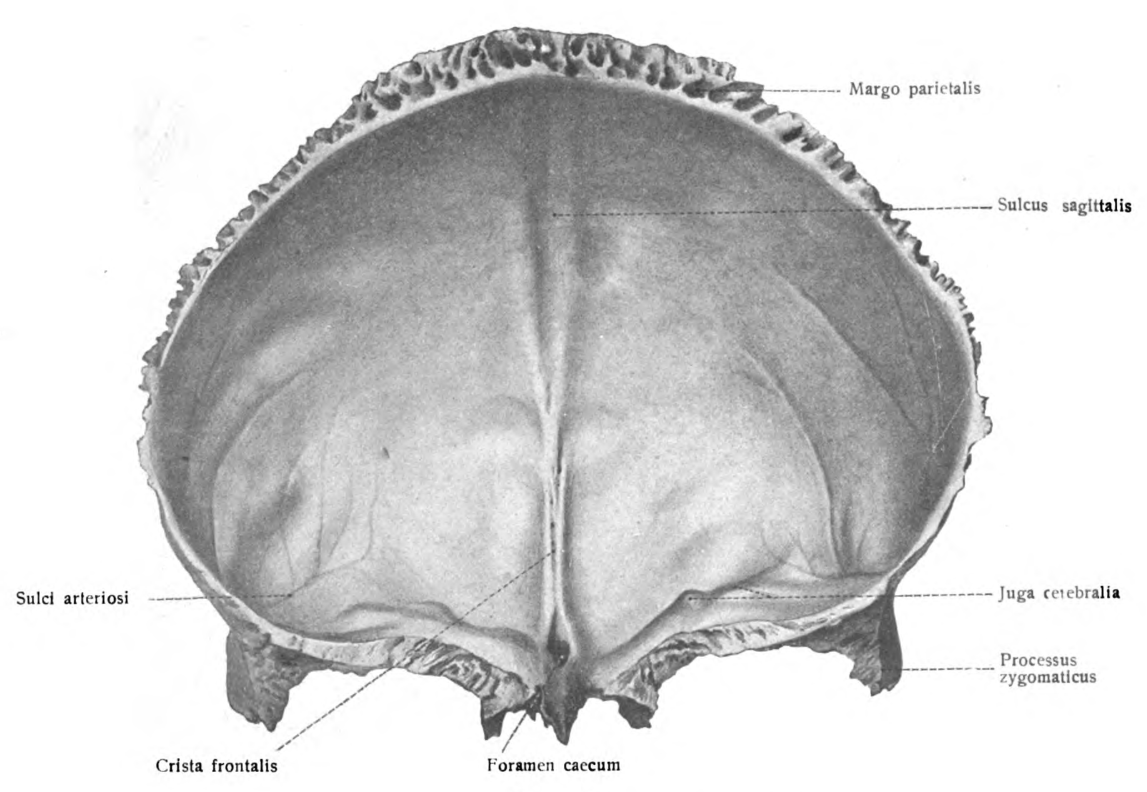


Fig 120.
Stirnbein, Os frontale, von innen (hinten) (1/1).

media und ihrer Begleitvenen entsprechen. Längs des oberen Randes läuft eine seichte breite Halbfurche, Sulcus sagittalis, welche durch die gleiche Furche des anderen Scheitelbeins ergänzt wird. Am hinteren unteren Winkel liegt meist ein flacher Eindruck, welcher sich an der Bildung des Sulcus transversus beteiligt und an der Übergangsstelle des Sulcus transversus vom Occipitale zum Temporale gelegen ist. An den meisten Scheitelbeinen finden sich in der Nähe des oberen Randes zahlreiche Grübchen, welche von Zotten der Arachnoidea cerebri eingenommen sind und Foveolae granulares, Pacchionische Grübchen, genannt werden.

Der obere Rand, Margo sagittalis, der vordere Rand, Margo frontalis, und der hintere Rand, Margo occipitalis, sind gezahnt, der letztere am stärksten. Der vordere Rand, Margo frontalis, wird oben leicht vom Stirnbein überlagert, unten jedoch überlagert er selbst den hinteren Rand dieses Knochens. Der untere Rand, Margo squamosus, ist von außen nach innen zugeschärft und lagert sich der Schuppe des Temporale an.

Die vier Winkel sind der Angulus frontalis, sphenoidalis, occipitalis und mastoideus. Der Angulus sphenoidalis ist der spitzeste, der Angulus mastoideus der stumpfeste.

Über die Sulci meningei venosi s. O. Schultze, Verh. anat. Ges. 1899. — von Waldeyer-Hartz (Abh. Akad. Wiss. Berlin 1917), untersucht an einem reichen Material von Menschen und Säugetieren sämtliche im Bereich des Parietale vorkommenden Nahtbildungen, die er mit einem Sammelnamen als Intraparietalnähte bezeichnet. Vollständige Teilungen sind bei niederen Affen 1 : 150, bei Anthropoiden 1 : 500, beim Menschen 1 : 2200, bei den anderen Säugetieren 1 : 5800 vorhanden. In bezug auf die Ursachen der Scheitelbeinteilung schließt W. sich im wesentlichen der Anschauung Schwalbes an, der die Befunde dadurch erklärt, daß eine im fetalen Leben auftretende pathologische Hydrocephalie die beiden Verknöcherungszentren getrennt erhalten habe, Zeitschr. f. Morph. u. Anthrop. Bd. III, 1903.

β **Das Stirnbein,** Os frontale. Figg. 119—122.

Das Stirnbein bildet den vorderen Abschnitt des Schädelgewölbes; es besteht aus einem aufsteigenden, gewölbten Teil, Squama frontalis, zwei horizontalen Teilen, Partes orbitales, welche fast das ganze Dach der Augenhöhlen bilden, und der zwischen den Partes orbitales liegenden Pars nasalis.

An der Squama frontalis unterscheidet man eine vordere Fläche, Facies frontalis, seitliche kleine Flächen, Facies temporales, und eine innere oder cerebrale Fläche, Facies cerebralis.

An der Stirn ragen auf beiden Seiten die Stirnhöcker, Tubera frontalia, vor. Sie sind durch eine sanfte Einsenkung getrennt von einem gebogenen Wulste, Augenbrauenbogen, Arcus superciliaris. Zwischen den letzteren befindet sich ein mehr ebenes Feld, die Stirnglatze, Glabella. Der Rand der Augenhöhle, Margo supraorbitalis, ist lateral am schärfsten und vorspringendsten; am Beginn des medialen Drittels besitzt er ein Loch oder einen Einschnitt, Foramen supraorbitale oder Incisura supraorbitalis. Medial von ihm liegt eine Furche, Incisura frontalis, welche manchmal als ein Loch, Foramen frontale, auftritt. Lateral läuft der Margo supraorbitalis in einen dicken, kräftigen Fortsatz aus, welcher sich mit dem Jochbein verbindet und daher Jochfortsatz, Processus zygomaticus, genannt wird. Am äußeren Teil des Jochfortsatzes beginnt die im Bogen nach oben und hinten verlaufende Linea temporalis, welche sich gabelt und als Linea temporalis superior und inferior auf das Parietale fortsetzt (s. Parietale).

Diese Linea temporalis trennt den Schläfenteil vom Stirnteil. Ersterer bildet den Boden des obersten vorderen Teiles der Schläfengrube, ist in sagittaler Richtung konvex, in frontaler Richtung konvex-konkav und tritt mit dem Jochbein, dem Keilbein und dem Scheitelbein in Verbindung.

Die Facies cerebralis des Stirnteils ist konkav, mit Impressiones digitatae und Juga cerebralia versehen. In der Mitte des oberen Teiles läuft eine Furche, Sulcus sagittalis. Ihre Ränder erheben sich unten zu einem Kamme, Crista frontalis, welcher bis in die Nähe des Siebbeinausschnittes reicht, hier aber zwei kleinen Anlagerungsflächen Platz macht, um die Processus alares des Siebbeins aufzunehmen und mit ihnen das Foramen caecum zu umschließen. Doch kann das Foramen caecum ganz vom Stirnbein übernommen werden. Es ist kein Emissarium, sondern nimmt nur einen Fortsatz der Dura mater auf, erstreckt sich aber bis gegen die Spitze der Spina frontalis (s. unten), um hier blind zu endigen (M. Holl). Es fehlt nicht an Pacchionischen Grübchen in der Umgebung des Sulcus sowie an Sulci meningei. Der hintere Rand des Stirnteils ist gezackt, dient zur Verbindung mit beiden Scheitelbeinen, und führt den Namen Margo parietalis. Er geht lateral in den Margo sphenoidalis der Partes orbitales ohne Unterbrechung über.

Die Pars orbitalis ist nahezu dreieckig. Der mediale und der hintere Rand verlaufen gerade, der laterale bogenförmig von vorn nach hinten.

Dicht am Jochfortsatz zeigt die konkave Augenhöhlenfläche, Facies orbitalis, eine Vertiefung, Fossa glandulae lacrimalis, zur Aufnahme der oberen Tränendrüse. Der mediale vordere Teil der Augenhöhlenfläche trägt ein Grübchen, eine Rauhigkeit oder auch einen neben dem Grübchen befindlichen kleinen Stachel, Fovea trochlearis mit Spina trochlearis, an welcher die Rolle des oberen schrägen Augenmuskels befestigt ist. Die cerebrale Fläche der Partes orbitales ist gewölbt, durch starke Juga cerebralia ausgezeichnet und geht vorn und seitlich ohne scharfe Grenze in die cerebrale Fläche der Schuppe über. Der zackige hintere Rand, Margo sphenoidalis, dient zur Anlagerung der großen und kleinen Keilbeinflügel. Die medialen Ränder bilden zusammen mit der vorn gelegenen Pars nasalis den Siebbeinausschnitt, Incisura ethmoidalis, welcher zur Aufnahme der Lamina cribrosa dient. Die Pars nasalis zeigt im vorderen Gebiet einen stachelartigen Fortsatz, den Nasenfortsatz, Spina frontalis, welcher auch doppelt sein kann, an dessen rauhe Vorderfläche die Nasenbeine und Teile der Stirnfortsätze der Oberkieferbeine sich anlegen.

Auf die Hinterfläche des Nasenfortsatzes stützen sich der vordere Rand der senkrechten Platte des Siebbeins, zuweilen auch noch vordere Zellen des Siebbeinlabyrinths. Über dem Nasenfortsatz liegt eine zackige, halbmondförmige Fläche, Margo nasalis, welche zur Aufnahme der oberen Enden der Nasenbeine und der oberen Enden der Stirnfortsätze der Oberkieferbeine bestimmt ist. Hinter diesem Oberkieferfeld der Pars nasalis sinkt die Fläche in die Tiefe und läßt einen mehr oder weniger ansehnlichen Raum erkennen, den Sinus frontalis.

Beide Sinus frontales, in der Regel durch ein dünnes Septum, Septum sinuum frontalium, voneinander getrennt, sind nach Form und Ausdehnung großem Wechsel unterworfen, sogar an einem und demselben Schädel. Das Septum kann nach der einen oder anderen Seite verdrängt oder auch schräg gelagert sein, doch steht sein unterster Teil stets in der Medianlinie.

Der weiter hinten folgende Teil des Stirnbeins hat ein grubiges, zelliges Aussehen, welches um so ausgesprochener wird, je näher wir dem Eingang in die

Sinus frontales kommen, so daß der Sinus selbst sich als eine Vergrößerung solcher Zellen geltend macht.

Was die übrigen Knochen betrifft, welche zum Stirnbein in Beziehung stehen, so sind einmal die beiden Siebbeinlabyrinthe zu nennen, deren obere Deckung von den medialen Abschnitten der Partes orbitales übernommen wird, sodann das zwischen der Lamina papyracea des Siebbeins und dem Stirnfortsatz des Oberkieferbeins eingefügte Tränenbein. In dem mit der Lamina papyracea verbundenen Teil sind die Kuppen der Siebbeinzellen, Foveolae ethmoidales, enthalten, sowie ein vorderer größerer und ein hinterer kleinerer Ausschnitt, welche durch die Anlagerung der Papierplatte zu Löchern, dem Foramen ethmoidale anterius und posterius, umgewandelt werden. Oder es sind beide Löcher allein vom Stirnbein oder noch seltener allein von der Papierplatte gebildet. Das Foramen

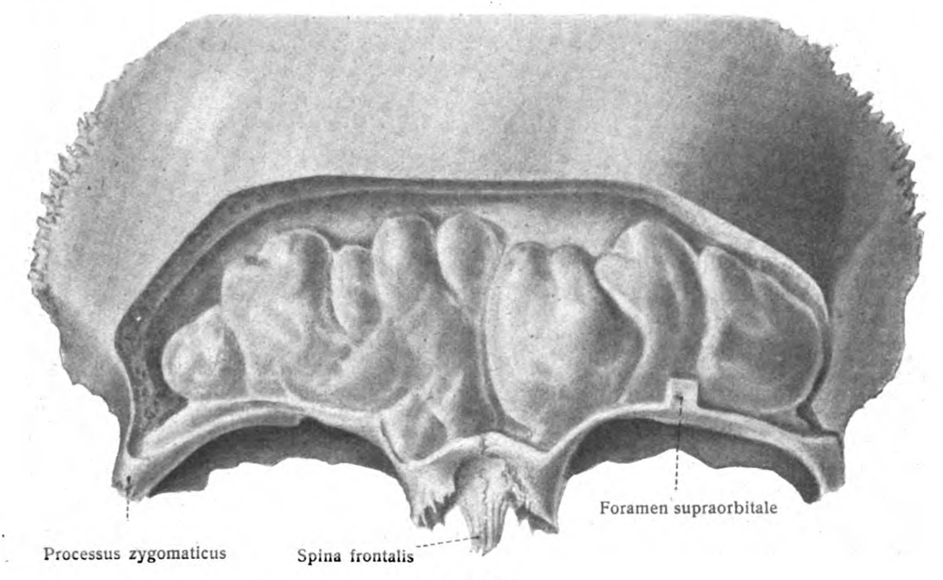


Fig. 121.

Große Stirnbeinhöhlen aus der Squama frontalis herausgearbeitet durch Wegnahme der Tabula externa und der Diploë. ($^1/_1$).

ethmoidale anterius führt in einen vor-medianwärts verlaufenden Kanal und öffnet sich in die Schädelhöhle. Der Inhalt des Kanals (N., V., A. ethmoidalis ant.) verläßt die Schädelhöhle wieder durch ein Loch der Siebplatte. Der hintere, weniger beständige Kanal führt zu Siebbeinzellen.

Vom Margo nasalis ziehen nicht selten mediane Nahtspuren aufwärts (Fig. 165), als Erinnerung an die Entstehung des Knochens aus einer linken und rechten Hälfte. In manchen Fällen ist die Sutura frontalis dauernd.

Die Erhaltung der Stirnnaht ist kein Rückschlag, sondern eher eine progressive Bildung, bedingt durch stärkeres Wachstum des Stirnbeins, das den älteren Zustand, d. h. die frühzeitige Verwachsung der Naht verhindert. Die Sutura frontalis ist am häufigsten an den Schädeln alter und neuer Kulturvölker. Schwalbe, Zeitschr. Morph. u. Anthrop. 1904. — Martin, Lehrbuch d. Anthropologie 1914. — Lassila, Acta soc. med. fennicae „duodecim" 1921.

Die Pneumatisation des Frontale geht, gleich der des Sphenoidale, vom Siebbein aus. Dem ganzen Sinus eine besondere Knochenwand zuzuschreiben, eine hintere mit der Tabula vitrea eng verschmolzene, eine vordere, durch Diploë von der Tabula externa geschiedene (Steiner), geht nicht an.

Über die Größenunterschiede des Sinus ist zu sagen: Es kommen kleine, kaum erbsengroße Sinus vor. Bei stärkerer Ausbildung (Fig. 121) erstreckt er sich sowohl in die Squama frontalis wie in die Pars orbitalis. In letzterer Richtung kann er bei außergewöhnlicher Ausbildung bis in die Ala parva und sogar bis in die Ala magna des Keilbeins reichen; er liegt dann über dem ganzen Dach der Augenhöhle und einem Teil ihrer Seitenwand.

Bei Tieren mit gut entwickeltem Geruchsorgan ist der Sinus ganz oder teilweise mit Nasenmuscheln erfüllt.

Als Praefrontale spricht v. Bardeleben die selbständig gewordene Spina frontalis an, während das Postfrontale, früher als Suprasquamosum, Epiptericum usw. beschrieben, jenes Skeletstück darstellt, welches zwischen der Squama temporalis, der Ala magna, dem Parietale und Frontale gelegen ist, häufiger als das Praefrontale selbständig wird und bei Embryonen einen besonderen Knochenkern besitzt. Das Postfrontale kann in zwei Teile zerfallen und später mit der Squama, Ala magna oder dem Parietale, nicht aber mit dem Frontale verschmelzen.

Außer diesen, auf Grund von ca. 5000 untersuchten Schädeln gewonnenen Erfahrungen gelangten noch zur Beobachtung: ein Praelacrimale, Infraorbitale, Orbitale laterale, Supraorbitale laterale, Postlacrimale, Infrazygomaticum, Endoorbitale laterale, alles Skeletstücke, über deren vergleichend anatomische und embryologische Bedeutung weitere Untersuchungen abzuwarten sind.

Hartmann, A., Atlas der Anatomie der Stirnhöhle, der vorderen Siebbeinzellen und des Ductus nasofrontalis. Wiesbaden, Bergmann, 1900. — Zweiback, S., Die Incisurae supraorbitalis et frontalis des Stirnbeins und ihre Varietäten. Königsberg 1900. — Barfurth: Die abnorme Ausdehnung der Stirnhöhlen usw. Sitzber. naturf. Ges. Rostock 1907. — Siehe auch unten das Kapitel Schädelnähte.

γ. **Das Nasenbein,** Os nasale. Figg. 123, 153—155.

Das Nasenbein hilft die Nasenhöhle vorn oben überbrücken. Oben dick und schmal, wird es unten breiter und dünner.

Sein oberer Rand ist stark gezahnt zur Verbindung mit dem Stirnbein; der untere, mehr zugeschärft zur Anlagerung des dreieckigen Nasenknorpels, zeigt meist einen mehr oder weniger tiefen Einschnitt, welcher näher dem medialen Rande sich befindet. Der laterale Rand verbindet sich mit dem Stirnfortsatz des Oberkieferbeins, der mediale mit dem Nasale der anderen Seite. Die vordere Fläche, oben leicht ausgehöhlt, ist in der übrigen Ausdehnung konvex. Die hintere Fläche besitzt eine Furche, Sulcus ethmoidalis, für einen Zweig des N. ethmoidalis anterior. Von ihr dringt eine feine Öffnung, Foramen nasale, durch den Knochen auf die Vorderfläche.

Die beiden Nasalia sind häufig ungleich. In seltenem Fall kommen in dem Winkel, welchen die unteren Ränder vorn miteinander bilden, selbständige Knochen, Ossa internasalia, vor.

δ. **Das Tränenbein,** Os lacrimale. Figg. 124, 153—155.

Das Tränenbein ist eine dünne Platte, welche vorn an der medialen Wand der Augenhöhle zwischen Papierplatte und Stirnfortsatz des Oberkieferbeins liegt, oben das Stirnbein, unten die Orbitafläche des Oberkieferbeins erreicht.

Die der Orbita zugewendete äußere Fläche besitzt vorn eine senkrechte Längsfurche, Sulcus lacrimalis; sie bildet mit der gleichnamigen Furche des Stirnfortsatzes des Oberkieferbeins eine längliche Grube, Fossa sacci lacrimalis, in welcher der Tränensack liegt. Die Tränenfurche ist von dem hinteren Teil der Augenhöhlenfläche durch eine scharfe Kante, Crista lacrimalis posterior, geschieden, welche unten in einen vorwärts gekrümmten Haken, Hamulus lacrimalis, ausläuft. Der Hamulus legt sich an die Crista lacrimalis anterior des Stirnfortsatzes des Oberkieferbeins an. Der vordere Teil des unteren Randes des Tränenbeins berührt das Oberkieferbein und tritt mit dem Processus lacrimalis der unteren Muschel in Verbindung. Die innere Fläche des Tränenbeins deckt vordere

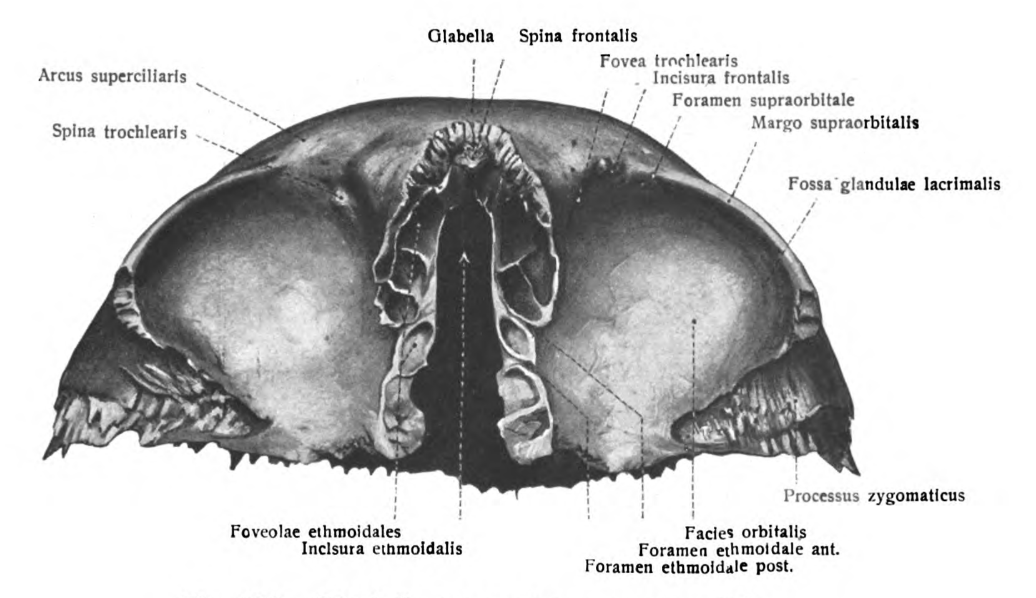


Fig. 122. Stirnbein. Os frontale, von unten (1/1).

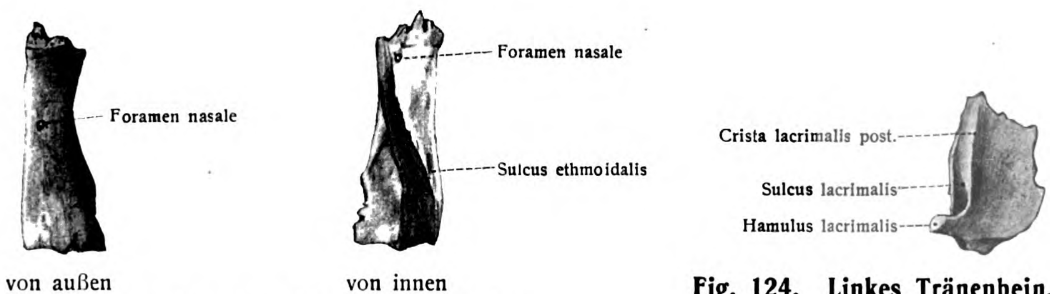


Fig. 123. Linkes Nasenbein, Os nasale (1/1).

Fig. 124. Linkes Tränenbein, Os lacrimale von außen (1/1).

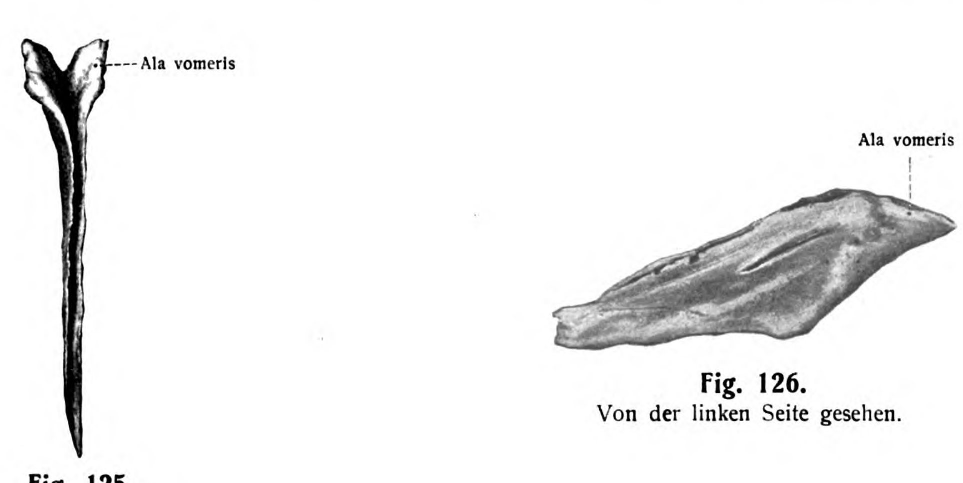


Fig. 125. Von der oberen Kante.

Fig. 126. Von der linken Seite gesehen.

Fig. 125 und 126. **Pflugscharbein,** Vomer (1/1)

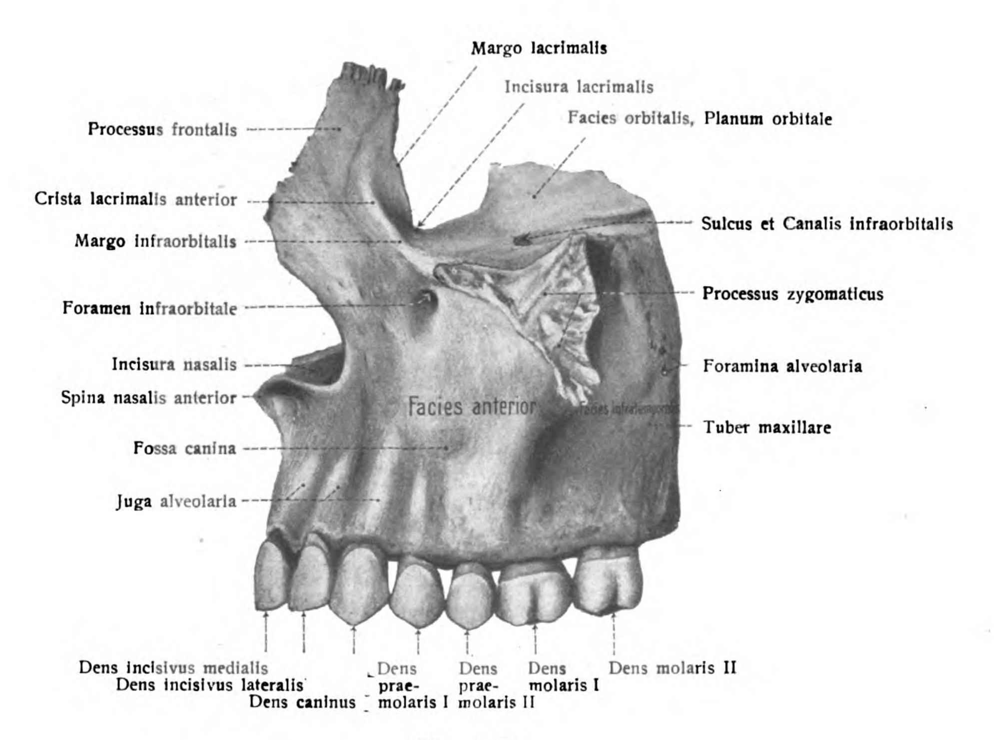


Fig. 127.
Linkes Oberkieferbein, Maxilla, von außen (1/1).

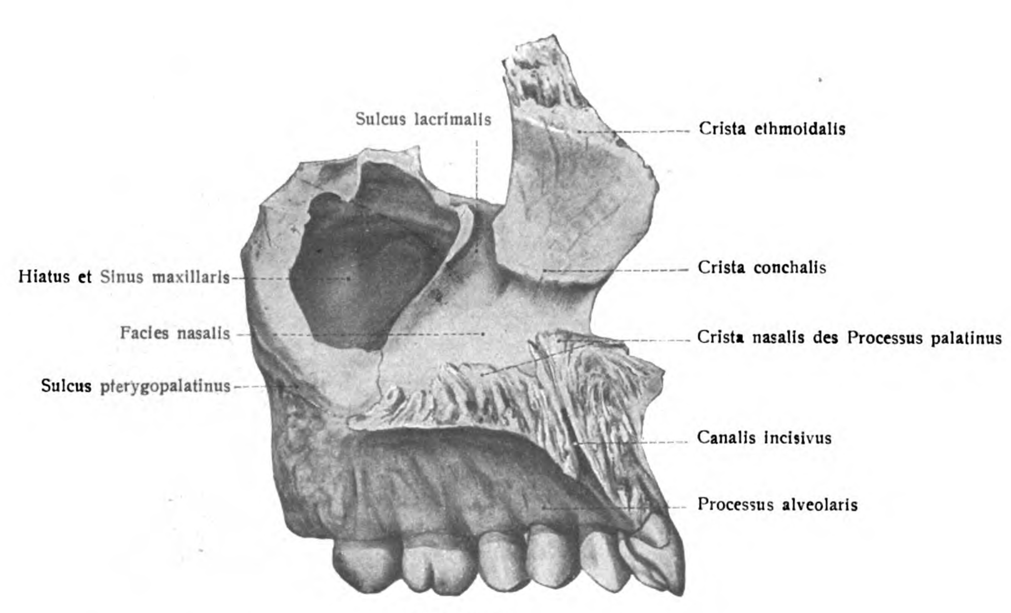


Fig. 128.
Linkes Oberkieferbein, Maxilla, von der nasalen Fläche her (1/1).

Siebbeinzellen von außen zu und ergänzt dadurch die Papierplatte; unten grenzt sie an den mittleren Nasengang.

Bei vielen Säugetieren tritt das Lacrimale auf die Gesichtsfläche des Oberkieferbeins über. In manchen Abteilungen umgibt es den Eingang des Tränenkanals. Auch beim Menschen kann der Hamulus über den Infraorbitalrand hinübergreifen (Gegenbaur).

Zabel, E., Varietäten und Fehlen des Tränenbeins. Anat. Hefte No. XLVII, 1900. In dem Fehlen und in der Verkleinerung kann man den Ausdruck einer vor sich gehenden Rückbildung des Knochens erblicken.

ε. **Das Pflugscharbein,** Vomer. Figg. 107, 125, 126.

Das Pflugscharbein ist eine dünne, unregelmäßig vierseitige, unpaarige Knochenplatte, welche senkrecht zwischen den beiden Nasenhöhlen liegt. Der senkrechte Teil hat mediane Lage, ist jedoch häufig nach der einen oder anderen Seite ausgebogen. Oben weicht die senkrechte Platte in zwei Flügel, Alae vomeris, auseinander, welche durch eine mittlere Furche voneinander getrennt sind.

In die Mittelfurche greift das Rostrum sphenoidale ein; die Flügel umfassen einen ansehnlichen Teil der Unterfläche des Keilbeinkörpers und erreichen vorn die Conchae sphenoidales, seitlich die Processus vaginales der medialen Keilbeinflügel. Auch die Keilbeinfortsätze der Gaumenbeine treten mit ihnen in Verbindung. Der vordere Rand verbindet sich in einem kleinen oberen Stück mit der senkrechten Platte des Siebbeins, in einem großen unteren Stück mit dem Scheidewandknorpel. Der untere Rand legt sich mit einer abgestumpften Spitze an die Crista nasalis der Oberkiefer- und der Gaumenbeine an. Der hintere Rand ist dünn, glatt und frei; er trennt die beiden hinteren Nasenöffnungen, Choanae, voneinander. Über die beiden Flächen des Vomer verläuft schräg von hinten oben nach vorn unten je eine Furche, welche dem Verlauf des N. nasopalatinus (Scarpae) entspricht.

Mit demselben Recht, wie die Rippenknorpel bei den Rippen, könnten nach geschehener Betrachtung der Knochen des Neurocranium die knorpelig gebliebenen Teile, d. i. die Knorpel der Nase, zur Untersuchung gelangen. Indessen ist es gebräuchlich, diese erst bei den Sinnesorganen zur Darstellung zu bringen.

c) Deck- oder Belegknochen des Splanchnocranium.

α. **Das Oberkieferbein,** Maxilla. Figg. 127—131.

Das Oberkieferbein ist einer der Hauptknochen des Visceralskelets; es nimmt teil an der Bildung des Bodens der Augenhöhle, des Bodens sowie der Seitenwand der Nasenhöhle, des Daches der Mundhöhle und trägt alle Zähne der oberen Reihe je einer Seite.

Man unterscheidet an ihm einen Körper und vier Fortsätze; Alveolarfortsatz, Gaumen-, Jochbein- und Stirnfortsatz.

Der Körper, Corpus, stellt eine dreiseitige Pyramide dar, deren Basis, Facies nasalis, nach der Nasenhöhle sieht, deren Spitze dem Processus zygomaticus entspricht. Die drei anderen Flächen sind die vordere, Facies anterior, die hintere, Facies infratemporalis, die obere, Facies orbitalis.

Die vordere Fläche, Facies anterior, ist durch die Anfügung des Jochfortsatzes und durch eine scharfe von der Gegend des ersten Mahlzahnes ausgehende Leiste, Crista infrazygomatica, von der hinteren Fläche getrennt. Der obere Rand der vorderen Fläche bildet einen Teil des Margo infraorbitalis. Einen halben Zentimeter unterhalb des oberen Randes ist das ovale Foramen infraorbitale als vordere Mündung des Canalis infraorbitalis sichtbar, welcher den Nervus und die Arteria infraorbitalis enthält. Unterhalb des Foramen liegt die in Lage und Ausbildung sehr variable flache Fossa canina. Die Alveole des Eckzahns bedingt ein auf den Körper sich fortsetzendes Jugum alveolare. Medial

besitzt die vordere Fläche einen scharfen Ausschnitt, Incisura nasalis, gegen den die nasale Fläche ausläuft.

Die hinter dem Jochfortsatz und der Crista infrazygomatica gelegene hintere Fläche führt den Namen Facies infratemporalis und besitzt einen nach hinten gerichteten konvexen Vorsprung, Tuber maxillare. Dieser geht in einen unteren verschmälerten Teil über, welcher rauh erscheint für die Anlagerung des Processus pyramidalis des Gaumenbeins und des Processus pterygoideus des Keilbeins. Die Rauhigkeit ist durchsetzt von einer glatten, medianwärts absteigenden Furche, Sulcus pterygopalatinus, welche durch eine gleichnamige Rinne des Gaumenbeins zu einem Kanal geschlossen wird, Canalis pterygopalatinus.

Das Tuber maxillare zeigt einige Löcher für den Durchtritt von Nerven und Gefäßen zu den hinteren Zähnen: Foramina alveolaria. Die obere mediale Ecke der hinteren Fläche ist rauh und kantig und dient zur Anlagerung des Processus orbitalis vom Gaumenbein.

Die obere Fläche des Körpers, Facies orbitalis, ist ziemlich eben (Planum orbitale), dreiseitig, lateralwärts abschüssig und bildet mit der vorderen Fläche eine scharfe Kante, Margo infraorbitalis. Ihr hinterer Rand begrenzt die Fissura orbitalis inferior von unten, während der innere Rand sich an das Gaumenbein, die Papierplatte des Siebbeins und das Tränenbein anlegt. Die obere Fläche ist unterbrochen von einer Furche, Sulcus infraorbitalis, welche den hinteren Rand einschneidet, vorwärts verläuft und allmählich in einen vollständigen Kanal, den schon genannten Infraorbitalkanal, übergeht. Am medialen vorderen Abschnitt liegt eine kleine vertiefte Stelle, von welcher der untere schräge Augenmuskel entspringt.

Die innere Fläche, Facies nasalis, bildet einen Teil der Begrenzung der Nasenhöhle. Sie wird durch eine weite, unregelmäßig vierseitige Öffnung, Hiatus maxillaris, unterbrochen, welche die Mündung der Oberkieferhöhle, Sinus maxillaris, ist. An dem Übergang in den Stirnfortsatz findet sich eine quere rauhe Leiste, Crista conchalis, zur Anlagerung der unteren Muschel. Mit dem Margo lacrimalis des Stirnfortsatzes zusammenstoßend, bildet die Crista conchalis einen nach hinten gerichteten Vorsprung, welcher von vorn den Sulcus lacrimalis umfaßt, gleichwie dieser hinten von einem umgerollten Knochenplättchen (Lunula von Henle) umfaßt wird, welches oben von der vorderen Begrenzung des Hiatus maxillaris entspringt.

Die Höhle des Oberkiefers, Sinus maxillaris, Highmoreshöhle, ist ein großer weiter Raum, dessen Gestalt wie die des Corpus maxillae eine dreiseitige Pyramide ist. Er ist in frischem Zustande von Schleimhaut bekleidet und mündet in den mittleren Nasengang.

Er besitzt vier Recessus, je einen für jeden Processus des Oberkieferbeins, Recessus zygomaticus, frontalis, palatinus, alveolaris. Von ihnen ist der wichtigste der Recessus alveolaris, denn er bildet zugleich den Boden des Sinus maxillaris. Er ist konkav. Seine tiefste Stelle entspricht der Wurzel des ersten Mahlzahns. Von diesem Punkt aus steigt der Boden nach vorn steiler, nach hinten allmählich auf, derart, daß die Alveole des Eckzahns fast immer vor dem Sinus liegt; doch kommen Fälle vor, in welchen auch diese Alveole in den Sinus vorspringt, während gewöhnlich sogar die Alveolen der Backenzähne ein wenig vom Boden der Höhle entfernt sind. Die Wurzeln der Backenzähne und Mahlzähne können, nur von einer papierdünnen Knochenlamelle umscheidet, mehr oder weniger weit in die Höhle hineinragen. Diese Tatsachen haben große praktische Bedeutung. Die weite Mündung der Höhle wird durch Nachbarknochen verkleinert, nämlich durch den Processus uncinatus des Siebbeins und Teile des Gaumenbeins sowie der unteren Muschel. Fig. 153.

Die innere Fläche der Facies ant. und der Facies infratemporalis ist von feinen Furchen und Kanälchen, Canales alveolares, durchzogen.

Der Stirnfortsatz des Oberkieferbeins, Processus frontalis, zieht vom medialen, vorderen Teil des Körpers auf- und ein wenig rückwärts. Seine Flächen gehen ununterbrochen in die vordere und die nasale Oberfläche des Körpers über.

Der vordere Rand ist rauh zur Anlagerung des Nasale, der hintere Rand weicht in zwei scharfe Kanten auseinander, von welchen die hintere, Margo lacrimalis, sich mit dem Lacrimale verbindet, während die laterale Kante, Crista lacrimalis anterior, freiliegt und mit der ersteren die Tränenfurche, Sulcus lacrimalis, umschließt. Unmittelbar hinter dem unteren Ende der Crista lacrimalis anterior ist der mediale Rand der Facies orbitalis des Oberkieferkörpers halbmondförmig ausgeschnitten: Incisura lacrimalis. Durch das Tränenbein und die untere Muschel wird der untere Abschnitt des Sulcus lacrimalis zum knöchernen Kanal, Canalis nasolacrimalis, geschlossen, während oberhalb die Tränenfurchen des Lacrimale und des Stirnfortsatzes die Fossa sacci lacrimalis bilden, welche schon bei der Betrachtung des Tränenbeins erwähnt worden ist. Die Innenfläche des Stirnfortsatzes zeigt in der oberen Hälfte eine schräge Leiste, Crista ethmoidalis, zur Anlagerung des Siebbeins (und zwar der mittleren Muschel). Die untere Parallelleiste, Crista conchalis, ist bereits beim Körper beschrieben worden; die Spitze des Stirnfortsatzes ist stark gezackt zur Verbindung mit dem Oberkieferfeld des Stirnbeins.

Wo die Außenfläche des Oberkieferkörpers und die Orbitafläche lateral zusammenstoßen, erhebt sich der kurze, breite, dreiseitige Jochfortsatz, Processus zygomaticus. Von der unteren Ecke des Fortsatzes setzt sich ein glatter vertikaler Wulst, die Crista infrazygomatica, auf die Außenfläche des Oberkieferkörpers fort und bedingt die erwähnte Scheidung dieser Fläche in eine Facies anterior und infratemporalis.

Die hintere Ecke des Proc. zygomaticus bildet in der Regel den vorderen Rand der Fissura orbitalis inferior. Am eigentümlichsten verhält sich die mediale Ecke, welche einen besonderen Fortsatz entwickelt, den Proc. infraorbitalis (Henle). Dieser breite Fortsatz überwölbt den ganzen vorderen Teil des Sulcus infraorbitalis und wandelt ihn dadurch zum Kanal um. Die Naht, Sutura infraorbitalis, erstreckt sich vom Foramen infraorbitale über die Orbitafläche des Körpers hinweg bis zum Beginn des Canalis infraorbitalis. Die Nahtfläche des Jochfortsatzes ist rauh, zackig, in der Mitte kraterförmig vertieft.

Der Zahnfortsatz, Processus alveolaris, am freien Rande, Limbus alveolaris, parabolisch gekrümmt, trägt die Wurzelfächer der Zähne, Alveoli dentales, und die Zähne selbst, sieben bis acht an jedem Fortsatz. Die an der Außenfläche des Fortsatzes vorkommenden, den Alveolen entsprechenden Erhabenheiten, von welchen die des Eckzahns die längste ist, heißen Juga alveolaria. Die zwischen den Alveolen befindlichen Knochenbrücken werden Septa interalveolaria genannt; die innerhalb der Alveolen befindlichen Knochenbrücken heißen Wurzelscheidewände, Septa alveolaria, wenn sie die Alveole in mehrere Fächer scheiden. Alveolenrippen sind niedrige Leisten an der inneren Fläche der Alveolen.

Der letzte der Fortsätze ist der Gaumenfortsatz, Processus palatinus. Zusammen mit dem der anderen Seite bildet er $^3/_4$ des harten Gaumens.

Der hintere Rand dieses Fortsatzes reicht nicht so weit rückwärts wie der Körper und der Alveolarfortsatz, sondern verbindet sich mit der horizontalen Platte des Gaumenbeins zur Vervollständigung des harten Gaumens. Der laterale Rand erreicht den Körper an der Grenze gegen den Alveolarfortsatz. Der mediale Rand ist rauh, dient zur Verbindung mit dem Gaumenfortsatz der anderen Seite durch die Sutura palatina mediana, welche auch beide Gaumenbeine miteinander verbindet. Nach oben erhebt sich der mediale Rand zu einer Leiste, welche vorn sehr hoch ist, hinten in bescheidenen Grenzen bleibt, Crista nasalis. Vorn springt sie in Form eines wagerechten Stachels, als Spina nasalis anterior, vor. An die Crista nasalis setzen sich das Pflugscharbein und der Scheidewandknorpel an. Fig. 107.

Die nasale Fläche des Processus palatinus ist glatt, in querer Richtung konkav. Auf ihr liegt vorn, an der Grenze des Zahn- und Gaumenfortsatzes, dicht neben der Crista nasalis, die nasale Mündung eines den Knochen median-ab- und vorwärts durchsetzenden Kanales, des wichtigen Canalis incisivus. Die Kanäle beider Seiten konvergieren abwärts, verbinden sich miteinander, während sie den Knochen durchsetzen, und haben eine einzige orale Mündung, das Foramen incisivum. Die orale Fläche des Gaumenfortsatzes ist rauh, von vielen Ernährungslöchern durchsetzt und öfter mit einer oder zwei in der Nähe des lateralen Randes verlaufenden, durch die Gaumenleisten, Spinae palatinae, gebildeten Gaumenfurchen, Sulci palatini, versehen, welche vorn verstreichen.

Der Canalis infraorbitalis entläßt während seines Verlaufes regelmäßig zwei Nebenkanälchen, welche anfangs innerhalb der Knochenwand des Oberkieferkörpers, später als Furchen der Innenwand verlaufen und Canales alveolares medius et anterior genannt werden. Die Canales alveolares posteriores, welche von den Foramina alveolaria ausgehen, sind mehrfach vorhanden.

Vom Foramen incisivum erstreckt sich häufig noch beim Erwachsenen eine Nahtspur, Zwischenkiefernaht, gegen das Septum interalveolare zwischen Eck- und zweitem Schneidezahn. Diese Naht, Sutura incisiva (Goethei), kann auch auf der Facies nasalis sichtbar sein und von der nasalen Mündung des Canalis incisivus, parallel der Incisura nasalis bis in die Nähe der Crista conchalis verfolgt werden. Sie bildet die Grenze des Os incisivum. Oberhalb der Schneidezähne, unterhalb des Einganges in die Nasenhöhle liegt die Fossa praenasalis, eine inkonstante, bei niederen Rassen häufigere und tiefere Grube.

Einen Schädel ohne Zwischenkiefer beschreibt Fischel: Anat. Anz. Bd. 27, 1905.

In sehr seltenen Fällen verläuft die Sutura incisiva zum Septum interalveolare zwischen Eckzahn und erstem Backenzahn. S. Schumacher, Anat. Anz. Bd. 29, 1906. — Die Pneumatisation des Oberkieferkörpers geht von dem Siebbein aus. Es gibt Säugetiere, welche in dem Sinus maxillaris Muscheln tragen. — Am medialen Rand der Augenhöhlenfläche des Oberkieferkörpers finden sich häufig die Cellulae orbitariae (Halleri), welche zur Vervollständigung des Siebbeinlabyrinths Verwendung finden. — Dwight, Thomas, Fossa praenasalis. American. Journ. of the Med. Sciences Febr. 1892. — Loos, R., Bau und Topographie des Alveolarfortsatzes im Oberkiefer. Wien 1900. — Schaeffer, J. P., The sinus maxillaris etc. Amer. Journ. Anat. 10. Bd. 1910. — Michio Inouye, Der Zwischenkiefer. Anat. Hefte. 45. Bd. 1912.

β Das Gaumenbein, Os palatinum. Figg. 129—134, 153—155.

Das Gaumenbein ergänzt den Oberkiefer hinten, bildet den hinteren Teil des harten Gaumens und hilft die laterale Wand der Nasenhöhle begrenzen. In seiner Form hat es große Ähnlichkeit mit dem Buchstaben L, indem es aus einer horizon-

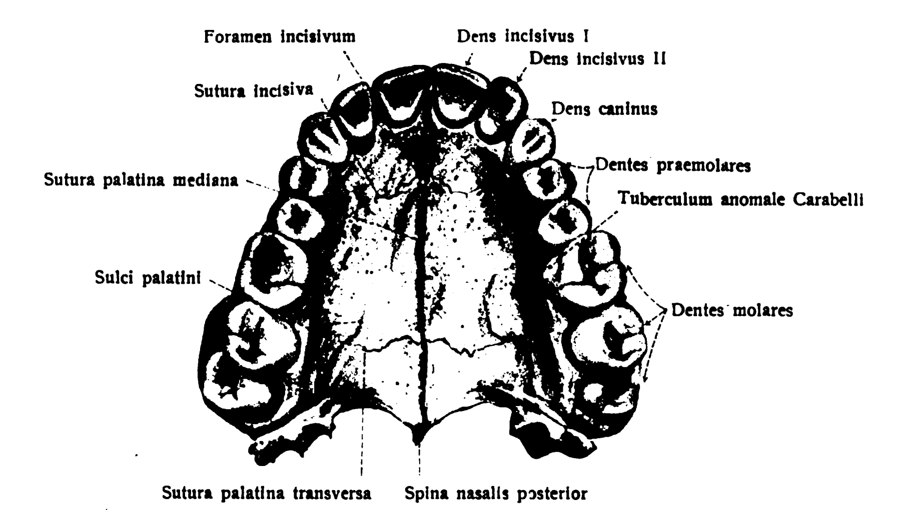


Fig. 129. Der harte Gaumen, Palatum durum, **Zwischenkiefernaht,** Sutura incisiva und die **Kauflächen,** Facies masticatoriae **des Obergebisses** (1/1).

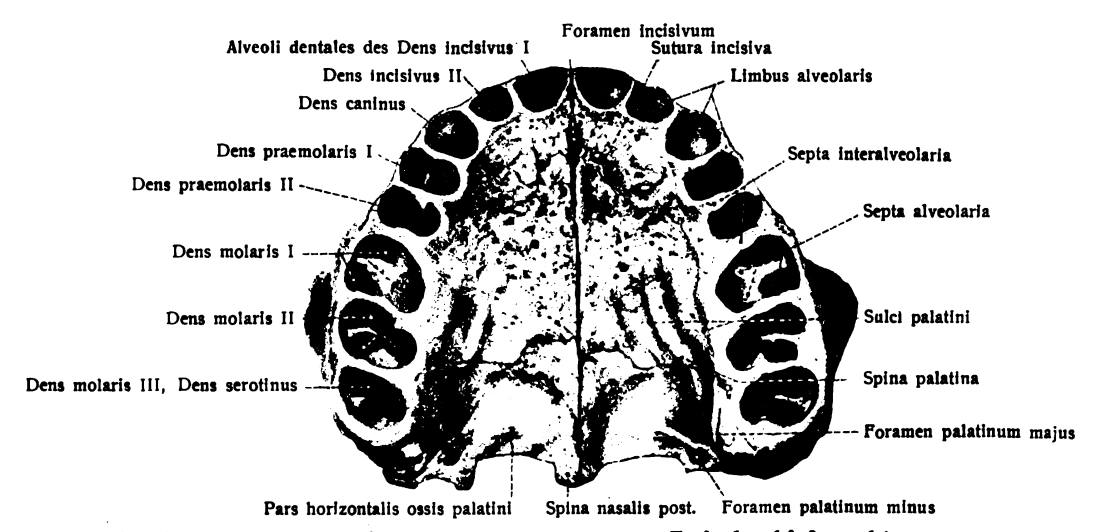


Fig. 130. Der harte Gaumen, Palatum durum, **Zwischenkiefernaht,** Sutura incisiva, **Wurzelfächer,** Alveoli dentales (1/1).

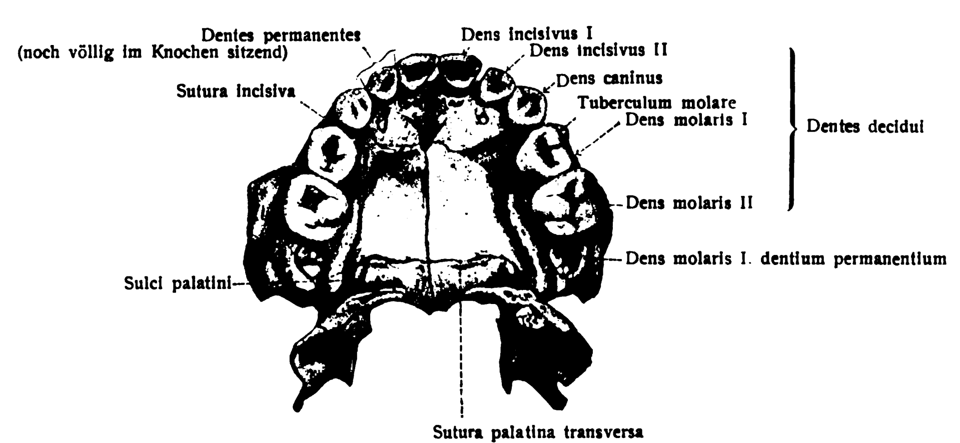


Fig. 131. Der harte Gaumen, Palatum durum, **Zwischenkiefer,** Os incisivum, **Milchzähne,** Dentes decidui und **Ersatzzähne,** Dentes permanentes.
Kind von 2 Jahren (1/1).

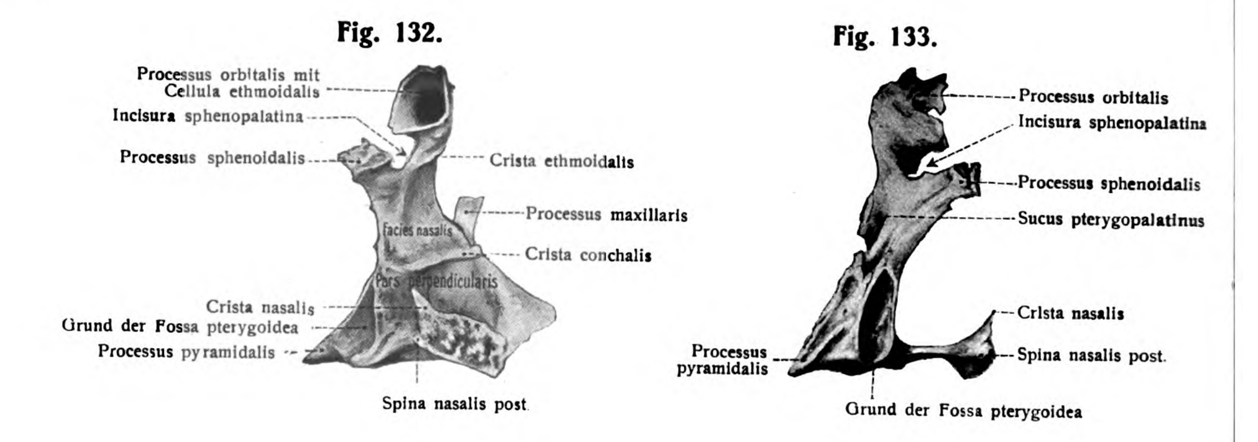


Fig. 132—134
Linkes Gaumenbein,
Os palatinum (1/1).

Fig. 132 von innen.
Fig. 133 von hinten.
Fig. 134 von außen.

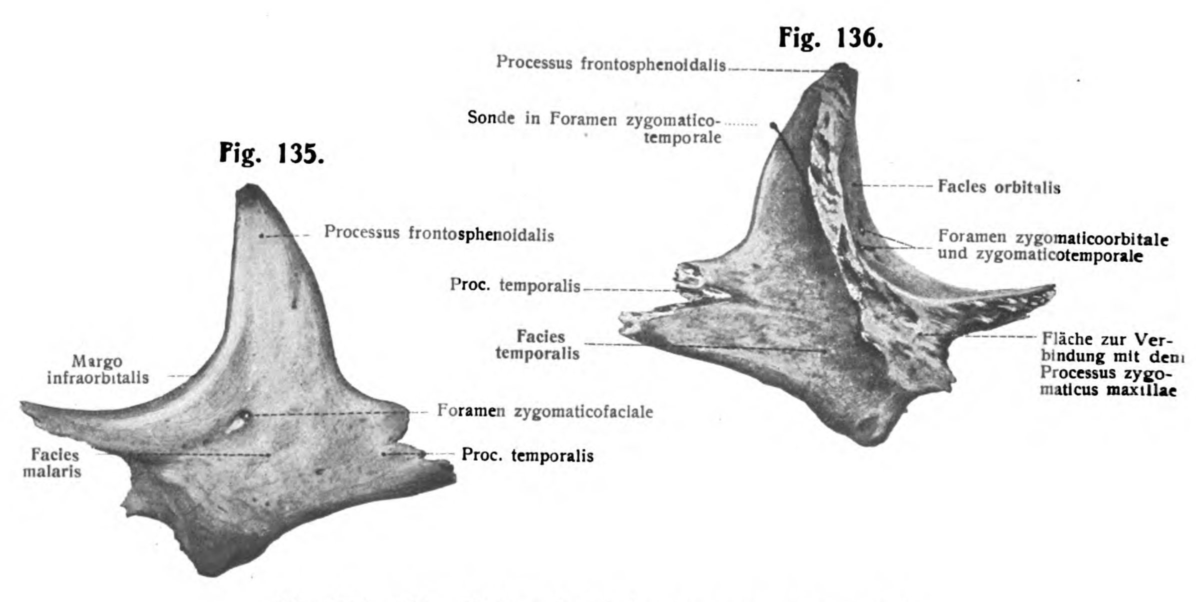


Fig. 135, 136. **Linkes Jochbein,** Os zygomaticum (1/1).
Fig. 135 von außen; Fig. 136 von innen.

talen und einer vertikalen Platte besteht, an welche sich Fortsätze anschließen.

Die Pars horizontalis besitzt einen hinteren zugeschärften freien Rand, welcher die hintere Grenze des harten Gaumens bildet und dem weichen Gaumen, dem Gaumensegel, zur Anheftung dient.

Der vordere Rand steht mit dem Gaumenfortsatz des Oberkiefers durch die Sutura palatina transversa, der mediale durch das hintere Stück der Sutura palatina mediana mit dem Gaumenbein der anderen Seite in Verbindung. Nasalwärts erhebt sich auf der Facies nasalis an der Vereinigungsstelle die mediane Crista nasalis, welche hinten in die kurze, stumpfe Spina nasalis posterior sich fortsetzt. Lateral, an der Verbindung der horizontalen mit der senkrechten Platte, besitzt die untere Fläche der ersteren eine Furche, welche sich an der Bildung des Canalis pterygopalatinus beteiligt. Die orale Fläche, Facies palatina, ist rauh, die nasale, Facies nasalis, glatt, querkonkav.

Die Pars perpendicularis ist dünn, leicht zerbrechlich und legt sich an die mediale Fläche des Processus pterygoideus des Keilbeins und das angrenzende Gebiet des Oberkieferkörpers.

Ihre innere Fläche, Facies nasalis, ist gegen die Nasenhöhle gerichtet und in der Hälfte ihrer Höhe durch eine wagerechte Leiste, Crista conchalis, ausgezeichnet, an welche die untere Muschel sich anlegt. Unterhalb der Crista conchalis ist die Lamina perpendicularis hakenförmig nach außen (lateralwärts) umgeklappt und bildet einen nach unten und hinten gerichteten Fortsatz, Processus maxillaris (Fig. 134), der an dem unteren Rand des Hiatus maxillaris des Oberkieferbeins sich einhängt (Fig. 153) und ebenso wie der Proc. maxillaris der unteren Nasenmuschel einen Teil der lateralen Wand des unteren Nasenganges bildet. (Elze.)

Die äußere Fläche, Facies maxillaris, ist von oben nach unten von einer wichtigen Furche durchzogen, dem Sulcus pterygopalatinus, welcher mit dem Oberkiefer und dem Processus pterygoideus den Canalis pterygopalatinus bildet. Vor diesem Kanal legt sich die äußere Fläche an die nasale Wand des Oberkieferbeins an und verengert von hinten den Hiatus maxillaris; hinter dem Kanal verbindet sie sich unten mit dem hinteren Rand des Oberkieferbeins, oben mit der medialen Fläche des Flügelfortsatzes. Etwa in der Mitte des Kanals wird die senkrechte Platte von einem kleinen Loch durchsetzt, welches oberhalb der unteren Muschel in die Nasenhöhle mündet und einen Nervenfaden führt.

An der hinteren lateralen Ecke der horizontalen Platte setzt sich die senkrechte Platte in einen kräftigen, nach unten, hinten und lateralwärts gerichteten Fortsatz fort, den Processus pyramidalis. Er trägt zwei rauhe Längsfurchen (Sulcus pterygoideus medialis et lateralis, Elze), welche eine glatte, flache Grube zwischen sich fassen.

Letztere tritt am Schädel in der Fissura pterygoidea des Processus pterygoideus vom Keilbein zutage; die zwei rauhen Längsfurchen nehmen die rauhen vorderen Ränder der beiden Platten des Processus pterygoideus auf; sie bildet einen Teil des Grundes oder Bodens der Fossa pterygoidea. Unten, dicht neben der horizontalen Platte, liegen kleine (meist zwei) Öffnungen, Foramina palatina minora, Mündungen von Kanälchen, Canales palantini, welche aus dem Flügelgaumenkanal entspringen. Das laterale, kleinere ist unbeständig. Dicht davor

liegt die große untere Mündung des Flügelgaumenkanals selbst, entweder spaltförmig gestaltet oder rund, Foramen palatinum majus. Aus den Foramina palatina treten die Nervi palatini heraus.

Der vordere Teil der senkrechten Platte wird von einem oft hohlen, tütenförmigen Fortsatz, Processus orbitalis, vorn und oben überragt.

Er besitzt nicht weniger als fünf Flächen; die obere und die laterale sind frei. Erstere bildet den hinteren medialen Winkel des Augenhöhlenbodens; letztere sieht gegen die Fossa pterygopalatina. Von den angelagerten Flächen verbindet sich die vordere mit dem Oberkieferbein, die mediale mit dem Siebbein, die hintere, kleinste mit der Concha sphenoidalis. An der Basis dieses Fortsatzes verläuft der Innenfläche entlang eine scharfe, horizontale Leiste, die Crista ethmoidalis, zur Anlagerung des hinteren Endes der mittleren Muschel.

Vom hinteren Teil der senkrechten Platte wendet sich ein kleiner blattartiger Fortsatz, Processus sphenoidalis, auf-median-rückwärts, um sich an den Keilbeinkörper und die Basis der medialen Platte des Flügelfortsatzes anzulegen.

Die freie Fläche sieht zum Teil gegen die Nasenhöhle, zum Teil hilft sie den Grund der Fossa pterygopalatina bilden. Das mediale Ende ragt öfters bis zum Vomer.

Beide obere Fortsätze sind durch einen tiefen Einschnitt, Incisura sphenopalatina, voneinander getrennt. Der Einschnitt wird durch den Keilbeinkörper zu dem wichtigen Foramen sphenopalatinum geschlossen, welches aus der Fossa pterygopalatina in die Nasenhöhle führt.

Die Foramina palatina minora variieren von 1—5 (Pizzorno: Estratto dagli Studi Sassaresi anno V, 1907). — Elze, C., Zur Anatomie des Gaumenbeines. Zeitschr. Morph. u. Anthrop. 15. Bd. 1903.

γ. **Das Joch- oder Wangenbein,** Os zygomaticum. Figg. 135, 136, 165, 166.

Das Jochbein bildet den hervorragendsten Teil der Wange und schließt den Bogen, welcher sich vom Schläfenbein zum Oberkiefer und Stirnbein ausspannt. Der knöcherne Bogen, Arcus zygomaticus, erfüllt in erster Linie die Aufgabe, dem mächtigen M. masseter zum Ursprung zu dienen. Das Jochbein ist unregelmäßig viereckig, platt und wendet sich mit seiner Hauptfläche, Facies malaris, lateral-vorwärts. Die Wangenfläche trägt einen stumpfen Wulst, Tuber malare. Mit einer von der Facies malaris median-rückwärts abgehenden konkaven Fläche, Facies orbitalis, beteiligt sich das Wangenbein an der Umwandung der Augenhöhle. Die hintere ausgehöhlte Fläche, Facies temporalis, begrenzt die Schläfengrube vorn.

Durch eine breite, gezahnte, dreieckige Fläche steht das Wangenbein mit dem Jochfortsatz des Oberkieferbeins, durch einen schmalen, aber kräftigen Fortsatz, Processus temporalis, mit dem Jochfortsatz des Schläfenbeins, durch einen oberen mächtigen Fortsatz, Processus frontosphenoidalis, mit dem Stirnbein und dem großen Keilbeinflügel in Verbindung.

Zwischen der Oberkiefer- und Keilbeinverbindung bleibt meist eine kleine glatte Stelle übrig, welche die Fissura orbitalis inferior vorn schließt; doch kann das Jochbein auch von der Beteiligung an der Bildung der Fissura orbitalis inferior ausgeschlossen sein.

Die drei Flächen stoßen mit scharfen Rändern aneinander. Am ausgedehntesten ist die Verbindung der Wangenfläche mit der Schläfenfläche; sie erfährt durch den Processus temporalis eine Unterbrechung. Der Schläfenrand ist

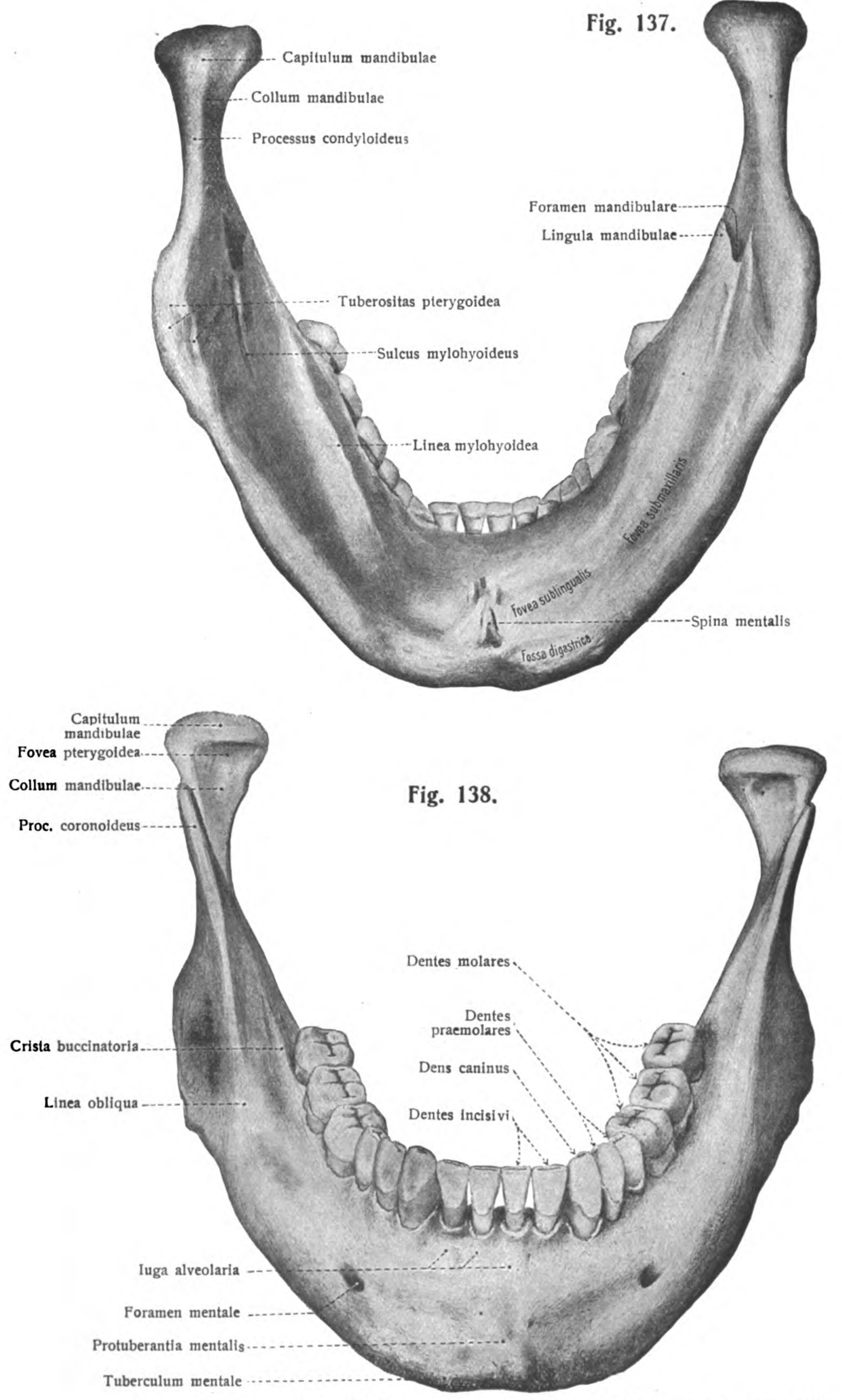


Fig. 137, 138. **Unterkiefer,** Mandibula, eines 30jährigen Mannes ($^1/_1$).
Fig. 137 von unten und hinten; Fig. 138 von vorn und oben.

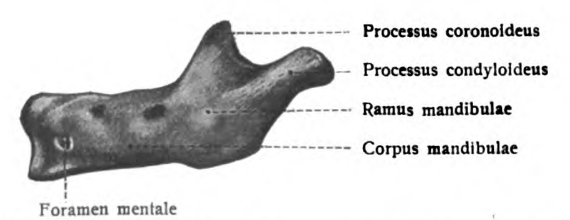


Fig. 139. Unterkiefer, Mandibula, vom Neugeborenen, von links gesehen (1/1).

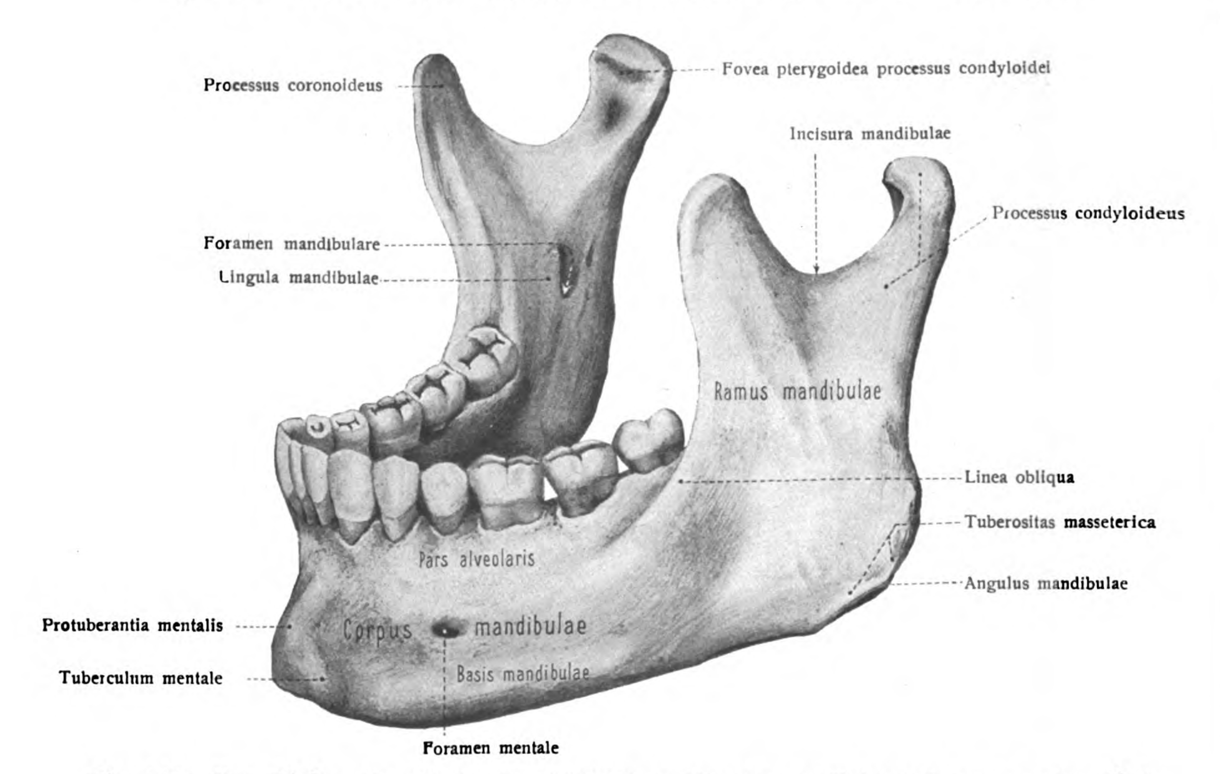


Fig. 140. Unterkiefer, Mandibula, eines 30jährigen Mannes, von links und vorn gesehen (1/1).

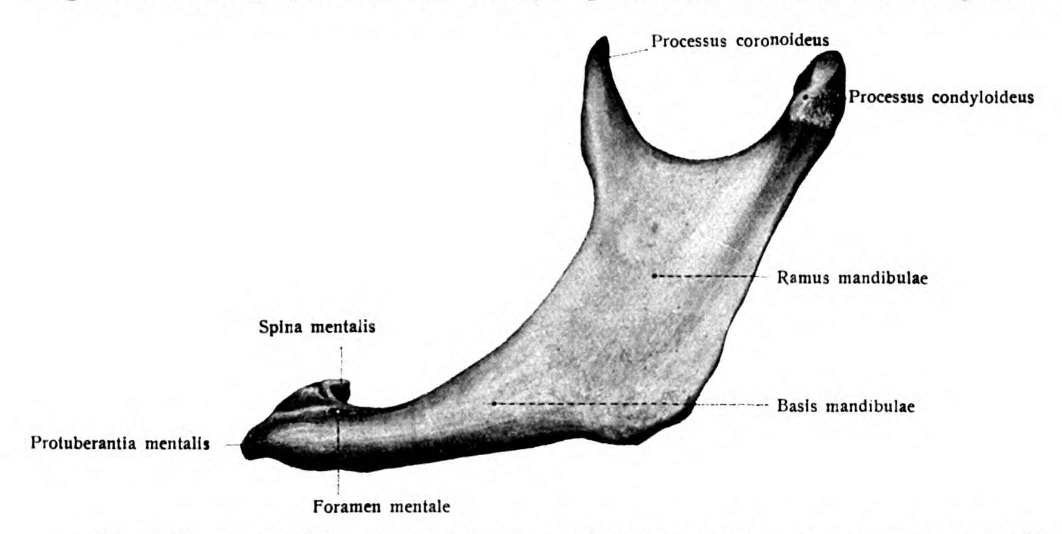


Fig. 141. Unterkiefer, Mandibula, eines 80jährigen Weibes, von links gesehen (1/1).
(Anatomische Sammlung, Berlin.)

oben konvex, unten konkav; an der Stelle der stärksten Konvexität liegt zuweilen ein Vorsprung, Processus marginalis (Soemmerringi). Mit der Augenhöhlenfläche bildet die Wangenfläche eine Kante, welche den lateralen Teil des Margo infraorbitalis bildet. Am kleinsten ist die zwischen der Augenhöhlen- und Schläfenfläche gelegene Kante, welche die Begrenzung des vorderen Winkels der Fissura orbitalis inferior bildet.

Das Jochbein wird von einem Kanal durchzogen, Canalis zygomaticus. Er beginnt in der Orbita, nahe oder in der Oberkiefernaht, mit dem Foramen zygomaticoorbitale, spaltet sich im Innern in zwei Arme, von welchen der eine auf der Wangenfläche, Foramen zygomaticofaciale, der andere auf der Schläfenfläche, Foramen zygomaticotemporale, mündet.

Häufiger ist kein einfacher Canalis zygomaticus vorhanden, sondern seine beiden Äste beginnen selbständig in der Orbita. Innerhalb der genannten Kanäle verlaufen die gleichnamigen Nerven, Zweige des zweiten Trigeminusastes.

Der Processus frontosphenoidalis kann durch eine Naht von dem größeren unteren Stück abgetrennt sein. Hierbei ist merkwürdig, daß dieser Fortsatz erst bei den Primaten zur Ausbildung gelangt; er fehlt den unteren Ordnungen. Es kommen indessen auch andere, dem unteren Rand parallele und nahe Querteilungen vor. — Der an den Oberkiefer anstoßende Teil des Jochbeins kann vom Sinus maxillaris aus pneumatisiert sein, man spricht dann von dem in das Jochbein reichenden Recessus zygomaticus des Sinus maxillaris.

Das Os malare bipartitum et tripartitum behandelt H. Matiegka. Anat. Anz. XVI. Die Abart wird nach M. besonders in Gebieten gefunden, wo Dolichocephalie vorherrscht. Bei keinem Säugetier kommt ein geteiltes Malare konstant vor.

δ. **Der Unterkiefer**, Mandibula. Figg. 137—143, 164—166.

Der Unterkiefer ist der dickste und stärkste der Gesichtsknochen und mit dem übrigen Schädel durch zwei Gelenke beweglich verbunden. Er hat die Gestalt einer der Fläche nach parabolisch gekrümmten Platte, Corpus mandibulae, Körper des Unterkiefers, deren hintere Endstücke in stumpfem Winkel aufwärts gebogen sind. Jedes dieser Stücke heißt Ramus mandibulae, Unterkieferast.

Das Corpus mandibulae zeigt vorn, entsprechend dem Kinn, ein dreiseitiges Feld, Trigonum mentale, dessen Basis dem unteren Rande des Corpus entspricht und dessen untere Ecken mehr oder weniger stark vorspringend das linke und rechte Tuberculum mentale bilden. Von der oberen Spitze des Trigonum zieht in der Mittellinie ein allmählich flacher werdender Wulst, Protuberantia mentalis, abwärts, welcher der Verwachsungsstelle der ursprünglich getrennten linken und rechten Kieferhälfte entspricht.

Der untere Teil des Corpus, Basis mandibulae, verläuft in leicht S-förmiger Linie schräg nach hinten und oben, so daß der Unterkieferkörper vorn höher ist als hinten. Er ist im vorderen Gebiet dicker als in der Gegend der Äste. Der obere zahntragende Teil wird Pars alveolaris, dessen freier Rand Limbus alveolaris genannt. Die Pars alveolaris trägt 14—16 in den Alveolen befestigte Zähne.

Die äußere Fläche zeigt die Juga alveolaria. Unterhalb des ersten bis zweiten Backenzahns liegt in der Mitte der Höhe die ansehnliche Seitenmündung des den ganzen Unterkiefer durchziehenden Canalis mandibulae, das (meistens in der Einzahl vorhandene) Foramen mentale, zum Austritt gleichgenannter Nerven und Gefäße. Von der Mitte des unteren Randes beginnend

steigt eine glatte Leiste schräg nach oben und hinten, welche sich in den Processus coronoideus des Unterkieferastes fortsetzt, Linea obliqua.

Die innere Fläche zeigt vorn neben der Mittellinie, dicht am unteren Rand, je eine flache Grube, Fossa digastrica, für den Ursprung des vorderen Bauches des M. digastricus. Darüber, in der Mitte, liegt die Spina mentalis, erzeugt durch eine Gruppe von vier benachbarten Höckerchen, zwei größeren oberen, zwei kleineren unteren, Ursprungsstellen der Mm. genioglossi und geniohyoidei. Lateral von der Spina mentalis vertieft sich die Oberfläche jederseits zu der länglichen Fovea sublingualis, welche durch das anstoßende vordere Ende der Glandula sublingualis bedingt wird. An sie schließt sich die schräg ansteigende Linea mylohyoidea an. Hinter ihr, vom Foramen mandibulare beginnend und schräg abwärts laufend, liegt der Sulcus mylohyoideus. Hinter und unter dem Sulcus befindet sich die zum größeren Teil auf den Unterkieferast übergreifende Tuberositas pterygoidea, für den Ansatz des M. pterygoideus internus. Unterhalb der Linea mylohyoidea, nach hinten von der Fovea sublingualis, liegt die Fovea submaxillaris für die gleichnamige Drüse.

Der Unterkieferast, Ramus mandibulae, ist dünner als der Körper, steht in einem mehr oder weniger stumpfen Winkel zum Körper und besitzt zwei Flächen, zwei Ränder und zwei Fortsätze, zu deren Absendung er im Aufsteigen (in sagittaler Ausdehnung) an Breite gewinnt, an Dicke verliert. Der Übergang des unteren Randes des Körpers in den hinteren Rand des Astes heißt Kieferwinkel, Angulus mandibulae.

Der hintere Rand des Astes zeigt eine, bei Ansicht von hinten deutliche, S-förmige Krümmung und verbreitert sich nach einer vorübergehenden Verschmälerung rasch, um in die hintere Fläche des Gelenkkopfes des Unterkiefers überzugehen. Der vordere Rand schärft sich umgekehrt im Aufsteigen zum Processus coronoideus immer mehr zu. Die Außenfläche des Astes ist am Angulus durch eine Rauhigkeit ausgezeichnet, Tuberositas masseterica. Die Innenfläche, deren Tuberositas pterygoidea schon erwähnt wurde, zeigt das ansehnliche, vorn von der Lingula mandibulae überragte Foramen mandibulare, den Eingang in den Canalis mandibulae, welcher sich jenseits des Foramen mentale als Canalis incisivus bis zur Mitte fortsetzt und zahlreiche kleine Nebenkanäle gegen den Alveolarteil und die Zahnwurzeln entsendet. An der Lingula befestigt sich das Lig. sphenomandibulare.

Von den beiden Fortsätzen ist der vordere, Processus coronoideus, ein reiner Muskelfortsatz, an welchem sich der mächtige M. temporalis befestigt.

Zu ihm steigt eine an der lateralen Seite der Alveolen der letzten Mahlzähne beginnende Leiste auf, welche im Aufsteigen verstreicht, die Crista buccinatoria. Der obere Rand des Processus coronoideus ist konvex, seitlich aber stark komprimiert. Vom Gelenkfortsatz trennt ihn die Incisura mandibulae.

Der hintere oder Gelenkfortsatz, Processus condyloideus, trägt den Gelenkkopf, Capitulum mandibulae, welcher von einem eingeschnürten Teil, Collum, getragen wird. Unterhalb des Gelenkkopfes liegt nach vorn eine Grube, Fovea pterygoidea, zum Ansatz des Musculus pterygoideus ext.

Der Gelenkkopf ist in querer Richtung stark ausgedehnt und trägt eine ellipsoidische Gelenkfläche. Das mediale Ende des Gelenkkopfes weicht nach

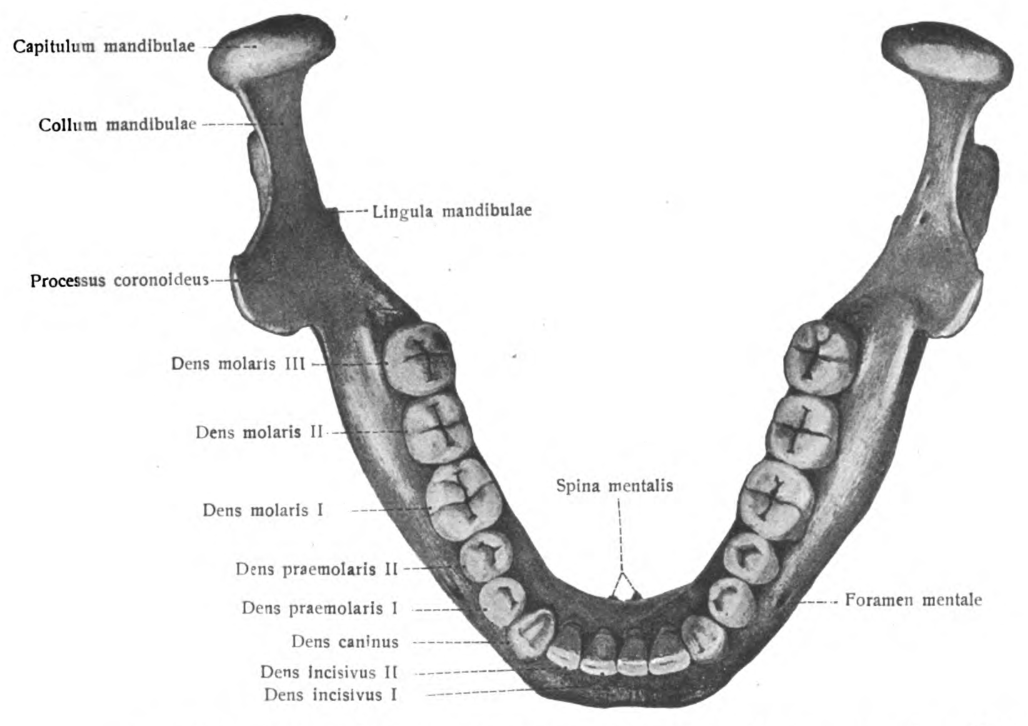


Fig. 142. Unterkiefer, Mandibula, eines 30jährigen Mannes, von oben ($^1/_1$).

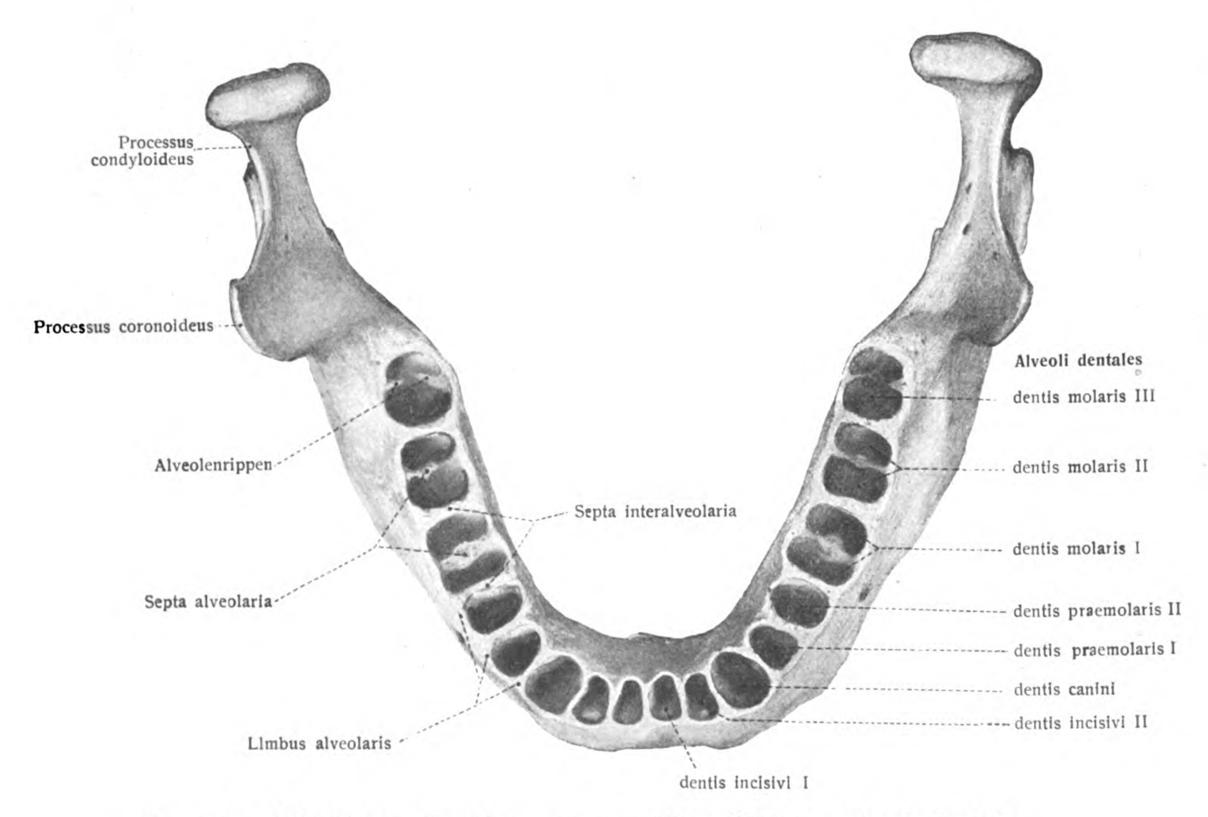


Fig. 143. Unterkiefer, Mandibula, mit den **Wurzelfächern,** Alveoli dentales.
Zum Oberkiefer Fig. 130 gehörig ($^1/_1$).

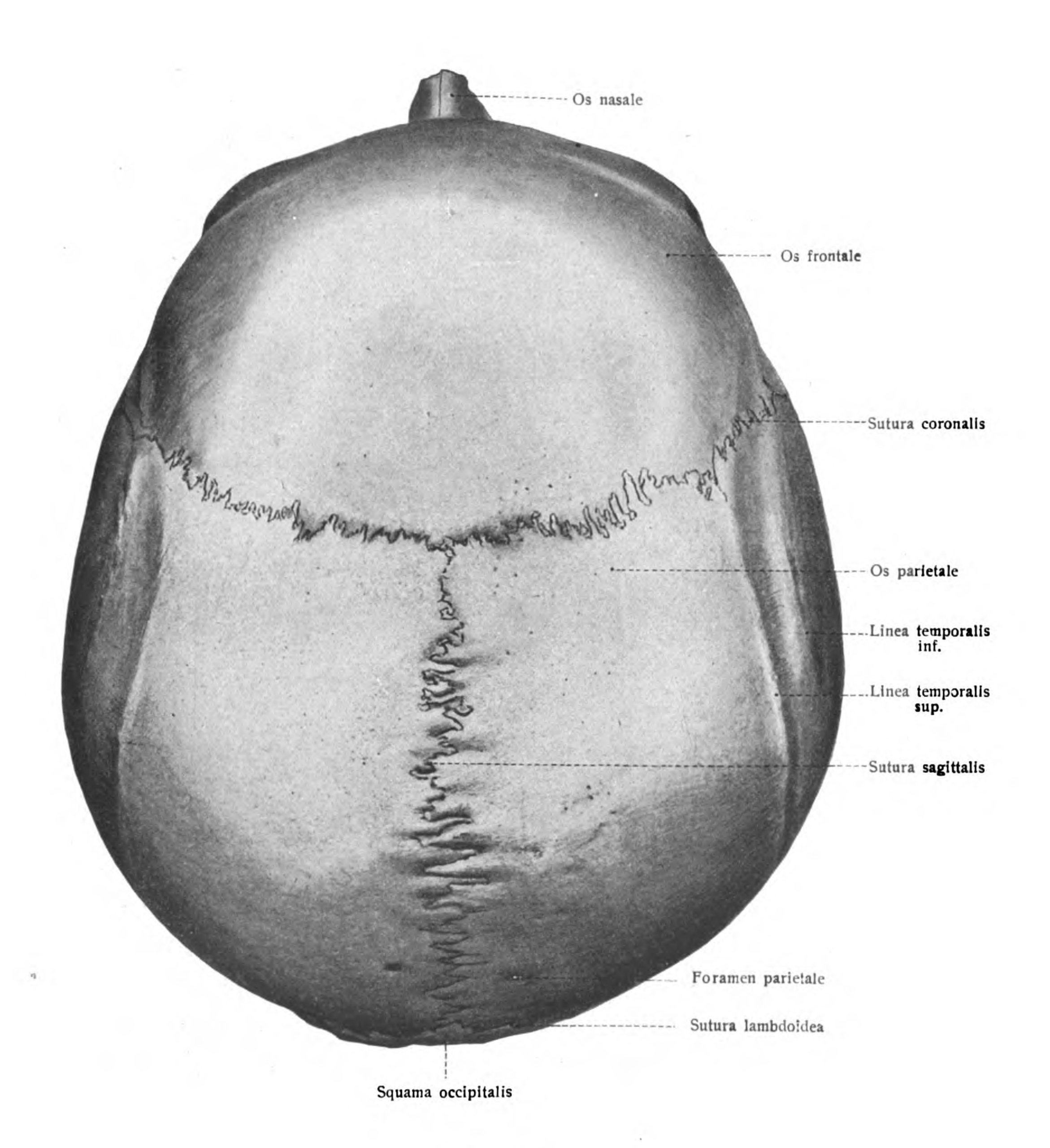


Fig. 144.

Schädel, Cranium (Mann von 45 Jahren) von oben (4/5).

(Anatomische Sammlung, Berlin.)

hinten zurück, derart, daß die Verlängerungen der Längsaxen beider Gelenkköpfe sich am Vorderrand des Foramen occipitale magnum schneiden.

Über die Alveoli dentales und die Septa interalveolaria, Alveolenrippen und Wurzelscheidewände der Pars alveolaris gilt dasselbe, was oben (S. 97) beim Oberkiefer gesagt wurde.

Der vordere Rand des Ramus mandibulae bildet mit dem Rand der Pars alveolaris einen nahezu rechten Winkel, dessen Schenkel bogenförmig ineinander übergehen. Der hintere Rand des Astes bildet mit dem unteren Rand des Körpers dagegen einen Winkel von ungefähr 120°, in der Kindheit 140° und mehr. (Fig. 139.) Bei alten und zahnlosen Kiefern nimmt der Winkel wieder zu. Im höheren Alter und nach Verlust der Zähne schwindet der Alveolarfortsatz mehr oder weniger vollständig, ebenso derjenige des Oberkiefers. Fig. 141.

Die Protuberantia mentalis, welche eine ansehnliche Neigung nach unten vorn besitzt, kann in manchen Fällen senkrecht gegen den unteren Rand abfallen oder sogar vollkommen fehlen, wobei die vordere Fläche des Unterkiefers eine entgegengesetzte Neigung nach unten und hinten annimmt und der untere Rand, statt über den oberen vorzuspringen, mehr und mehr zurückweicht. Dadurch erleidet die menschliche Form des Unterkiefers eine Einbuße und erinnert an die tierische Form. Genaue Untersuchungen über den Unterkiefer liegen vor von Toldt und Holl, Sitzber. Akad. Wiss. Wien. 127/128. Bd. 1919.

Die Crista buccinatoria ist nach Waldeyer (Arch. Anat. Phys. 1910) besser als Crista alveolo-marginalis zu bezeichnen, denn der M. buccinator entspringt (nach H. Virchow) nicht an der nach ihm benannten Crista, sondern lateral und unterhalb von ihr.

Die Form des Gelenkkopfes ist sehr verschieden. Passow, Verletzungen des Gehörorgans, Wiesbaden 1905.

d) Die primordialen Knochen des Visceralskelets.

α. **Die Gehörknöchelchen:** Hammer, Malleus; Ambos, Incus; Steigbügel, Stapes. Fig. 145.

Sie werden gleich den übrigen Sinnesknochen bei den Sinnesorganen eingehendere Betrachtung erfahren und sind einstweilen nur in kleiner Abbildung beigefügt.

β. **Das Zungenbein,** Os hyoideum. Fig. 146.

Das Zungenbein, Os hyoideum, von U-förmiger Gestalt, liegt an der Zungenbasis und kann zwischen Kinn und Kehlkopf an dem einspringenden Winkel des Halses gefühlt werden.

Das Zungenbein, für das volle morphologische Verständnis neben dem Unterkiefer wohl der schwierigste Schädelknochen der splanchnischen Gruppe, besteht aus einem Körper und zwei Paaren von Hörnern, welche zusammen einen hinten offenen großen Bogen bilden.

Das Mittelstück, Corpus ossis hyoidei, ist eine wagerecht gestellte, kahnförmige, mit ihrer Wölbung vor- und aufwärts gerichtete Knochenplatte, deren Höhlung nach hinten unten sieht. Der obere Rand ist zugeschärft, der untere verdickt. Eine gebogene Querleiste erhebt sich von der gewölbten Vorderfläche. Ihre Mitte kann durch eine vertikale Leiste ausgezeichnet sein, so daß bei kräftigen Knochen eine deutliche Kreuzfigur entsteht.

Die Cornua majora sind länger aber dünner als das Mittelstück, ragen von den Seiten desselben dorsalwärts und enden in kleinen rundlichen Köpfchen.

Die Cornua minora hingegen sind kurz, kegelförmig, lange Zeit knorplig und ragen von den Verbindungsstellen des Körpers mit den großen Hörnern auf- und rückwärts. Sie bleiben bis zum vorgerückten Alter in ihrer Verbindung beweglich und dienen dem Ligamentum stylohyoideum zum Ansatz. Sie können

sich aufwärts in dieses Band verlängern, sehr selten sogar bis hinauf zum Griffelfortsatz.

Die Verbindung der kleinen Hörner mit dem lateralen Rand des Körpers ist eine gelenkige, oft aber auch nur eine bindegewebige. Zwischen den großen Hörnern und dem Körper ist nur selten ein Gelenk vorhanden, meist ist die Verbindung durch Faserknorpel, selten durch hyalinen Knorpel bewerkstelligt.

Das Zungenbein ist kein einheitlicher Knochen, sondern eine Kombination verschiedenartiger Bestandteile, welche für die einheitliche Funktion, Muskelansätzen und Bandbefestigungen zu dienen, miteinander verbunden sind. Es kann bei gewissen Primaten gewaltige Ausdehnung erreichen und Nebenfunktionen annehmen. Das morphologische Verständnis der Knochengruppe läßt sich nur auf vergleichendem und entwicklungsgeschichtlichem Wege gewinnen.

Der Griffelfortsatz kann sich weit in das Lig. stylohyoideum hinein verlängern; das Mittelstück des Bandes kann knöchern sein, so daß ein neuer Knochen, das Os stylohyoideum, zu den übrigen hinzugelangt. Bei den meisten Tieren ist das Band zum großen Teil knöchern. Es befestigt sich, wie gesagt, am kleinen Horn des Zungenbeines. v. Eggeling (Jen. Zeitschr. Naturw., 53 Bd. 1914/15) beschreibt einen Fall, in dem auch die großen Hörner des Zungenbeins mit dem Griffelfortsatz verbunden sind.

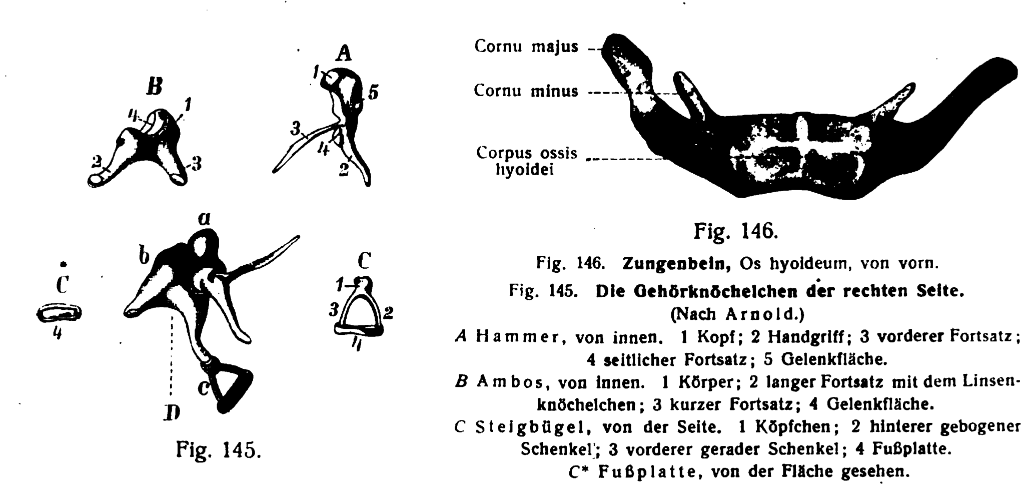


Fig. 145.

Fig. 146.

Fig. 146. **Zungenbein,** Os hyoideum, von vorn.

Fig. 145. **Die Gehörknöchelchen der rechten Seite.** (Nach Arnold.)

A Hammer, von innen. 1 Kopf; 2 Handgriff; 3 vorderer Fortsatz; 4 seitlicher Fortsatz; 5 Gelenkfläche.

B Ambos, von innen. 1 Körper; 2 langer Fortsatz mit dem Linsenknöchelchen; 3 kurzer Fortsatz; 4 Gelenkfläche.

C Steigbügel, von der Seite. 1 Köpfchen; 2 hinterer gebogener Schenkel; 3 vorderer gerader Schenkel; 4 Fußplatte.

*C** Fußplatte, von der Fläche gesehen.

D Die drei Knochen in ihrer Verbindung; von außen gesehen. *a* Hammer; *b* Ambos; *c* Steigbügel.

Der Schädel als Ganzes.

Nachdem die einzelnen Knochen des Schädels bekannt geworden sind, ist die Untersuchung des Schädels als eines Ganzen wesentlich erleichtert.

Bei der äußeren Betrachtung erfordert zuerst das reiche Netzwerk der Schädelnähte eine besondere Berücksichtigung, sowohl in seinem Verhalten an der äußeren als an der inneren Oberfläche des Schädels.

Sodann haben uns die übrigen Eigentümlichkeiten der äußeren und der inneren Oberfläche zu beschäftigen. Endlich ist die Schädelform selber der Untersuchung zu unterwerfen, wobei individuelle, geschlechtliche, Alters- und Rassenverschiedenheiten in Frage kommen. Auf die morphologische Bedeutung des Schädels aber ist erst an späterer Stelle einzugehen.

a) Der Verlauf der Schädelnähte und Synchondrosen.

Sämtliche Schädelknochen, mit Ausnahme des Unterkiefers, der Gehörknöchelchen und des Zungenbeines sind entweder durch Nähte oder durch Knorpel-

fugen oder knöchern miteinander vereinigt. Die Nähte breiten sich gleich einem Netzwerk über beide Oberflächen, die äußere und innere, aus, so jedoch, daß das innere Netz mit dem äußeren keineswegs an allen Orten zusammenfällt. Das Bindemittel, welches die Knochen miteinander vereinigt, ist bei den Nähten Bindegewebe, bei den Knorpelfugen Knorpel.

Die Ränder der in den Nähten miteinander verbundenen Knochen zeigen verschiedene Formen. Sie verlaufen mehr oder weniger gerade oder geschlängelt. Die Art des Verlaufes ist typisch für die verschiedenen Nähte, zeigt aber große individuelle Schwankungen, namentlich bei den „Zackennähten". Diese sind oft äußerst reich gezackt, oft mehr oder weniger gerade verlaufend. So unterscheidet man zackenarme und zackenreiche Nähte verschiedenen Grades.

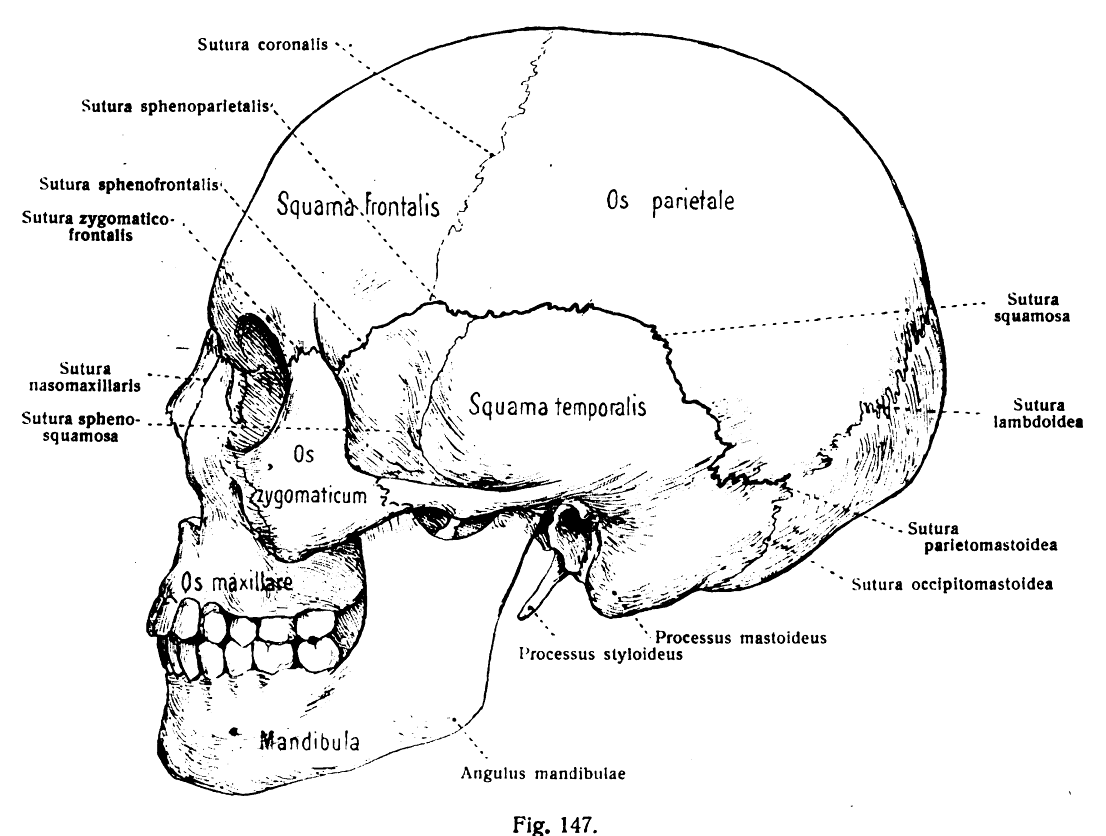


Fig. 147.
Schädel, von der linken Seite.
Die sagittale Nahtfolge an der Seitenwand des Schädels ist etwas stärker hervorgehoben.

Am Schädeldach (Figg. 144, 147) verlaufen zwei fast parallele Quernähte hintereinander, die Kranznaht, Sutura coronalis, und die Lambdanaht, Sutura lambdoidea. Die Mitte der Kranznaht wird mit der Spitze der Lambdanaht verbunden durch die Pfeilnaht, Sutura sagittalis. Letztere wird beim Fetus und bei jugendlichen Individuen nach vorn fortgesetzt durch die Sutura frontalis, welche später verknöchert und meist völlig verschwindet. (Vgl. S. 91.) Kranz- und Lambdanaht treffen je mit ihren unteren Enden auf eine langgestreckte Nahtfolge, welche im allgemeinen der Pfeilnaht parallel läuft, jedoch in schlangenförmigen Krümmungen auf- und abgeht. (Fig. 147.) An ihr nehmen teil oben das Stirn- und Scheitelbein, unten das Jochbein, der große Flügel des Keilbeins, die

Schläfenschuppe und die Pars mastoidea. Sie beginnt mit der Sutura zygomaticofrontalis, setzt sich in aufwärts konvexem Bogen als Sutura sphenofrontalis und sphenoparietalis längs des oberen Randes des großen Keilbeinflügels fort, geht dann in einem zweiten längeren und stärker aufwärts gekrümmten Bogen als Sutura squamosa nach hinten-unten und endlich in der Sutura parietomastoidea nach hinten.

Während diese sagittale Naht der Seitenwand von oben her die Kranz- und Lambdanaht aufnimmt, sendet sie nach der entgegengesetzten Richtung drei Nähte ab:

1. Die Sutura sphenozygomatica, welche auf der abgerundeten Spitze der Fissura orbitalis inferior endigt; die Fissura orbitalis inferior aber setzt sich fort in die Fossa pterygopalatina und läßt aus ihrer unteren Spitze die Naht

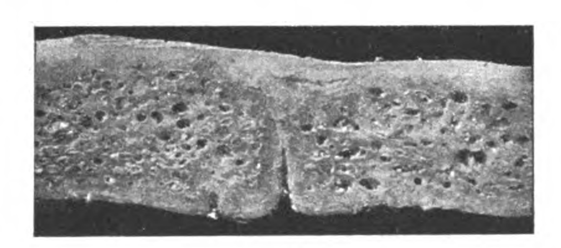


Fig. 148.

Fig. 148. **Querschliff durch die Sutura sagittalis des Schädeldaches.**
An der Stelle eines Zahnes der Tabula externa getroffen. Die Nahtflächen bestehen aus Substantia compacta, die sich in beide Tafeln fortsetzt.

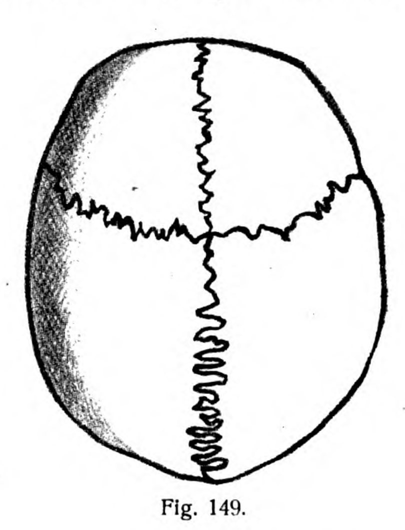


Fig. 149. **Schädeldach,** von oben.
Gegenwart einer Sutura frontalis (oberer Schenkel des Kreuzes). (Nach Springer.)

Fig. 149.

zwischen Processus pterygoideus des Keilbeins und Proc. pyramidalis des Gaumenbeins hervorgehen.

2. Die Sutura sphenosquamosa. Sie endigt auf der vor der Schläfenbeinpyramide hinziehenden Quernaht, Fissura sphenopetrosa; sie enthält die Synchondrosis sphenopetrosa.

3. Die Sutura occipitomastoidea. Sie zieht zum Foramen jugulare. Medianwärts von letzterem folgt die Fissura petrooccipitalis, welche die Synchondrosis petrooccipitalis enthält. An der inneren Schädelbasis finden wir zwischen der Ala parva des Os sphenoidale und der Pars orbitalis des Stirnbeins die Sutura sphenoorbitalis und als ihre mediane Fortsetzung die Sutura sphenoethmoidalis. Von den Nähten am Gaumen sind die Sutura palatina mediana, Sutura palatina transversa und (als Rudimente) die Sutura incisiva bereits (S. 98, 101) erwähnt worden.

Im Gesicht findet sich die quere Naht der Nasenwurzel mit ihren einzelnen Abteilungen, Sutura nasofrontalis und frontomaxillaris; sie setzt sich jederseits in die Orbita fort. Von der Mitte der queren Naht der Nasenwurzel geht die mediane Sutura internasalis ab; lateralwärts von ihr liegt die Sutura nasomaxillaris. Etwa von der Mitte des Margo infraorbitalis ab verläuft die

Sutura zygomaticomaxillaris. Von der letzteren oder selbständig vom Margo infraorbitalis geht zum Foramen infraorbitale die dem Oberkiefer angehörige Sutura infraorbitalis, welche schon früher (S. 97) angeführt worden ist. Die Sutura zygomaticotemporalis bezeichnet die Verbindung des Proc. zygomaticus ossis temporalis mit dem Proc. temporalis ossis zygomatici.

Das Nahtnetz der Augenhöhle zeigt eine gewisse Symmetrie. Vier Nähte laufen sagittal, ungefähr je an der Grenze der oberen, unteren, medialen und lateralen Wand. Die obere und die untere Wand sind durch ziemlich entsprechende Quernähte, die mediale und die laterale Wand ebenso durch vertikale Nähte abgeteilt. Über diese und die Nähte der Nasenhöhle siehe weiter unten S. 117, 118.

Im Innern der Schädelhöhle sind an der Decke und an den beiden hinteren Abteilungen des Bodens zwar im ganzen dieselben Nähte vorhanden wie an der Außenfläche, doch fallen sie, wo Schuppennähte und entsprechende Bildungen vorhanden sind, nicht zusammen, wie z. B. eine Vergleichung der äußeren und inneren Lage der Sutura squamosa leicht zeigt. Ferner bedingt die Gegenwart der Pars tympanica an der äußeren Fläche der Basis Nähte, welche im Innern nicht vorhanden sind. Endlich kommen in der vorderen Schädelgrube die Nähte zwischen der Lamina cribrosa, dem Stirn- und Keilbein hinzu.

Über das „Verstreichen der Schädelnähte" siehe Seite 140.

b) Nahtknochen, Ossa suturarum.

Überzählige Knochen können auf verschiedene Weise zustande kommen. Durch getrennte Verknöcherung im Lauf eines Bandes, einer Sehne (s. Zungenbein S. 110). Eine andere Reihe überzähliger Knochen kommt dadurch zustande, daß eine Naht, welche während der Entwicklung durch Synostosierung verschwinden sollte, bestehen bleibt (Sutura frontalis, Sutura occipitalis transversa usw.), (siehe Figg. 93, 149, 165). Die Vermehrung an Zahl beruht hier auf einer Verminderung der organischen Tätigkeit, auf einem Stehenbleiben in früherer Entwicklungsstufe. Ferner können an einem Knochen ungewöhnliche Knochenkerne sich ausbilden und zur Vermehrung Veranlassung geben. Zu dieser Gruppe gehören die uns hier interessierenden Nahtknochen.

Die erste Anlage von Deckknochen pflegt in Form kleiner Inseln aufzutreten, welche miteinander zusammenfließen. (Fig. 9.) So gewinnt das Auftreten von Nahtknochen eine normale Unterlage. Man hat zweierlei Arten von Nahtknochen zu unterscheiden:

1. Eigentliche Nahtknochen, Ossa suturarum (raphogeminantia, Wormiana). Dies sind solche kleinere oder größere Knochen, welche von einer bereits vorhandenen, normalen Naht inselartig umschlossen werden. Fig. 150, I.

2. Schaltknochen, Ossa intercalaria. Dies sind kleine oder größere Knochen, welche in die Fläche eines anderen größeren Knochens eingesprengt sind, ohne mit dessen Nähten etwas zu tun zu haben. So kann mitten im Stirnbein, Scheitelbein usw. eine von ihrer eigenen Naht rings umgebene Knocheninsel liegen. Fig. 150, II.

Es gibt auch falsche Schaltknochen, worauf Hyrtl aufmerksam gemacht hat. Eine Nahtzacke kann nahe dem Rande des Nachbarknochens in letzteren eindringen, ihn durchbohren und an der Oberfläche inselartig zum Vorschein kommen. Das oberflächlich einem kleinen Schaltknochen gleichende Gebilde ist aber nichts Selbständiges, sondern der Fortsatz eines anderen Knochens.

Nahtknochen im weiteren Sinne können entweder oberflächliche oder durchdringende Nahtknochen sein; im letzteren Falle solche, welche die ganze Dicke eines Knochens in Anspruch nehmen und auf beiden Flächen zum Vorschein kommen. Es gibt auch oberflächliche innere Nahtknochen, welche auf der Außenfläche nicht zutage treten.

Nahtknochen, selbst die sonderbarsten haben gewöhnlich ein symmetrisches Auftreten. Nicht alle Knochen des Schädels sind gleich häufig der Schauplatz von Nahtknochen im engeren Sinne. Am häufigsten finden sie sich in der Sutura lambdoidea, wo sie zuweilen in großer Zahl vorkommen. Die zusammengesetzte-Zackenbildung im Bereich dieser Naht ist als die normale Unterlage ihres häufigen Auftretens in dieser Gegend zu betrachten. Weniger häufig sind sie in der Pfeilnaht und an deren Verbindung mit der Kranznaht: In der Kranznaht sind sie schon seltener, ebenso in der Schuppennaht. Zwischen Scheitelbein und großem Keilbeinflügel, zwischen Scheitelbein, Schuppen- und Warzenteil des Schläfenbeins findet sich zuweilen ein gewöhnlich symmetrischer Nahtknochen; doch gibt es Schädel, welche über hundert Schaltknochen in allen Nähten zerstreut besitzen, ja es sind solche beobachtet, welche fast nur aus Schaltknochen zusammengesetzt sind (Jung, Animadversiones quaedam de ossibus generatim et in specie de ossibus raphogeminantibus ct. Basileae 1827).

Im Gebiete der (noch zu betrachtenden) früheren Fontanellen auftretende Nahtknochen werden auch Fontanellknochen genannt. Fig. 151.

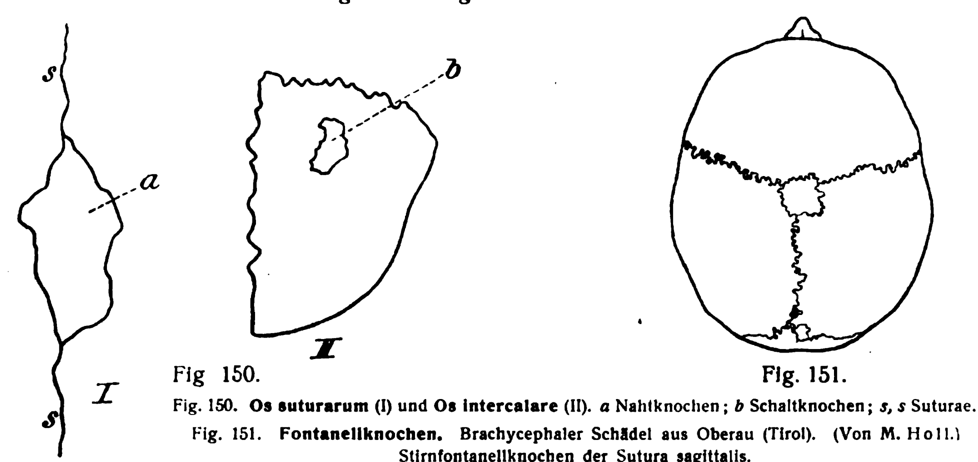


Fig 150. Fig. 151.

Fig. 150. **Os suturarum** (I) und **Os intercalare** (II). *a* Nahtknochen; *b* Schaltknochen; *s*, *s* Suturae.

Fig. 151. **Fontanellknochen.** Brachycephaler Schädel aus Oberau (Tirol). (Von M. Holl.) Stirnfontanellknochen der Sutura sagittalis.

Welcker gibt folgende Einteilung der Schaltknochen.

1. überzählige Knochen; aus Knochenkernen oder fetalen Knochenkomplexen werden bei Tieren normale, beim Menschen ausnahmsweise getrennte Knochen (Semifrontale, Interparietale usw);
2. Trennung frühester Kerne;
3. unregelmäßige Abspaltungen, welchen kein typischer Kern zugrunde liegt;
4. Fontanellknochen; d. h. Verknöcherungen in der Fontanellmembran;
5. Nahtzwickelknochen, sog. Nahtdoppler. (Festschr. f. Leuckart, 1892).

Springer, M., Die Stirnnaht und der Stirnfontanellknochen des Menschen. Königsberg 1897. Sutura frontalis in 8,6 Proz. der Schädel. Brechungslinien der Kranznaht werden durch das Auftreten besonderer Knochenkerne bedingt. — Schwalbe, G., Über den supranasalen Teil der Stirnnaht. Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie III, 1901. — Le Double, Les variations de l'os du crane. Paris 1904.

c) Äußere Oberfläche des Schädels.

Die Oberfläche des Schädels wird zweckmäßig eingeteilt in eine obere und untere, eine vordere und hintere sowie in zwei seitliche Gegenden.

α. Die obere Gegend, Calvaria, Schädeldach. Figg. 144, 152, 164—167.

Sie erstreckt sich von den oberen Augenhöhlenrändern bis zur oberen halbkreisförmigen Linie des Hinterhauptbeins und ist seitlich begrenzt von den halb-

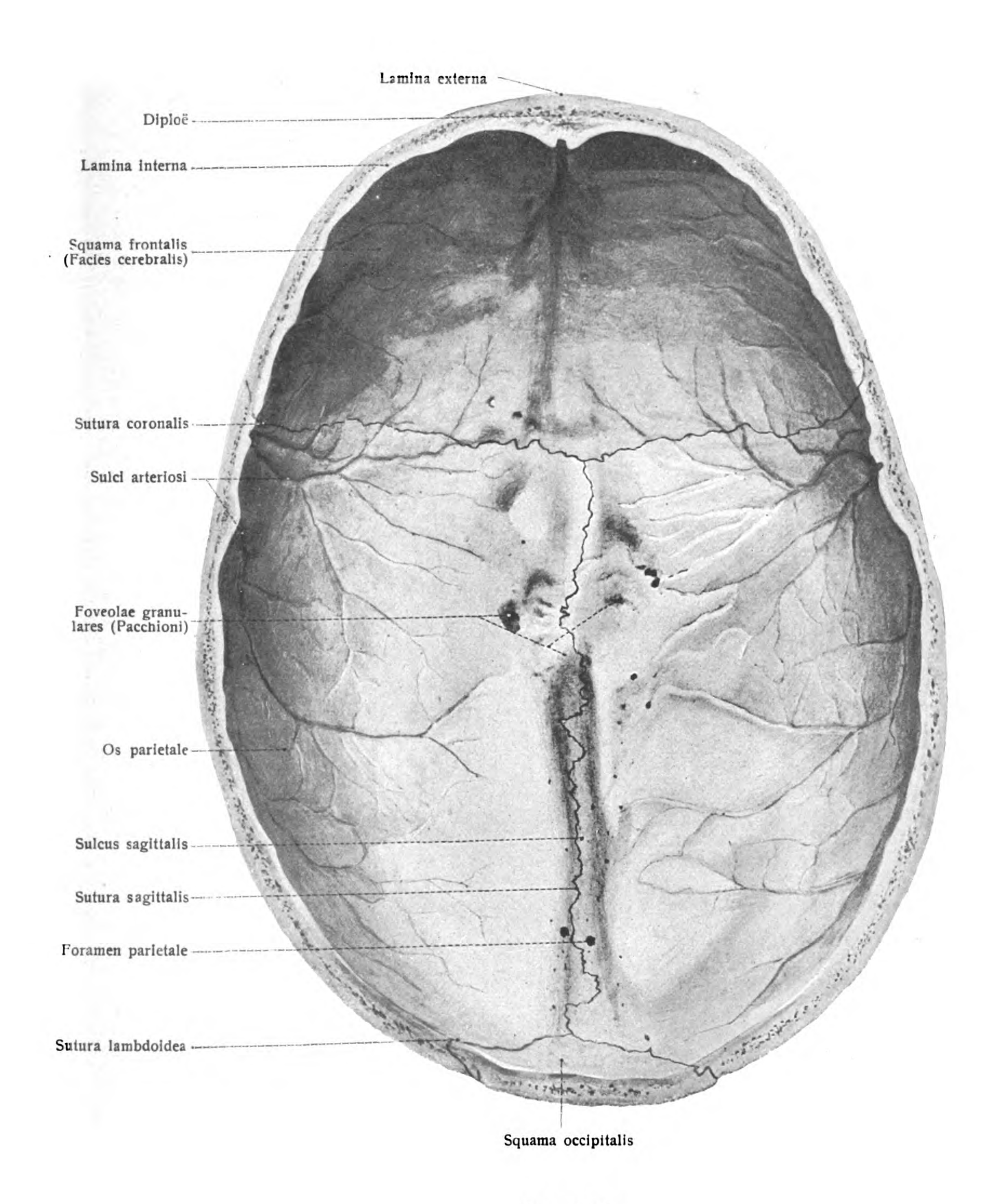


Fig. 152.
Schädeldach, Calvaria, von innen (4/5).

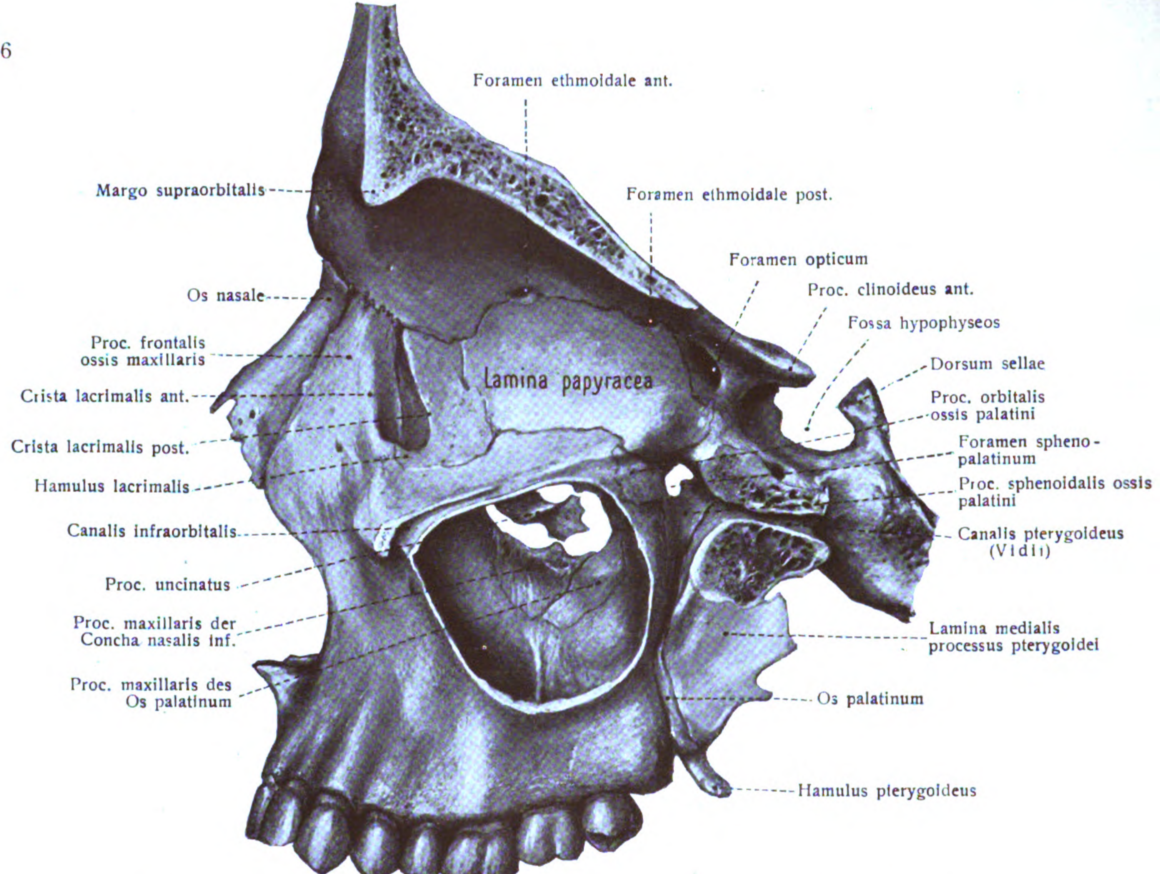


Fig. 153. Mediale Wand der Augenhöhle und der Oberkieferhöhle, Flügelgaumengrube, Fossa sphenopalatina ($^1/_1$).

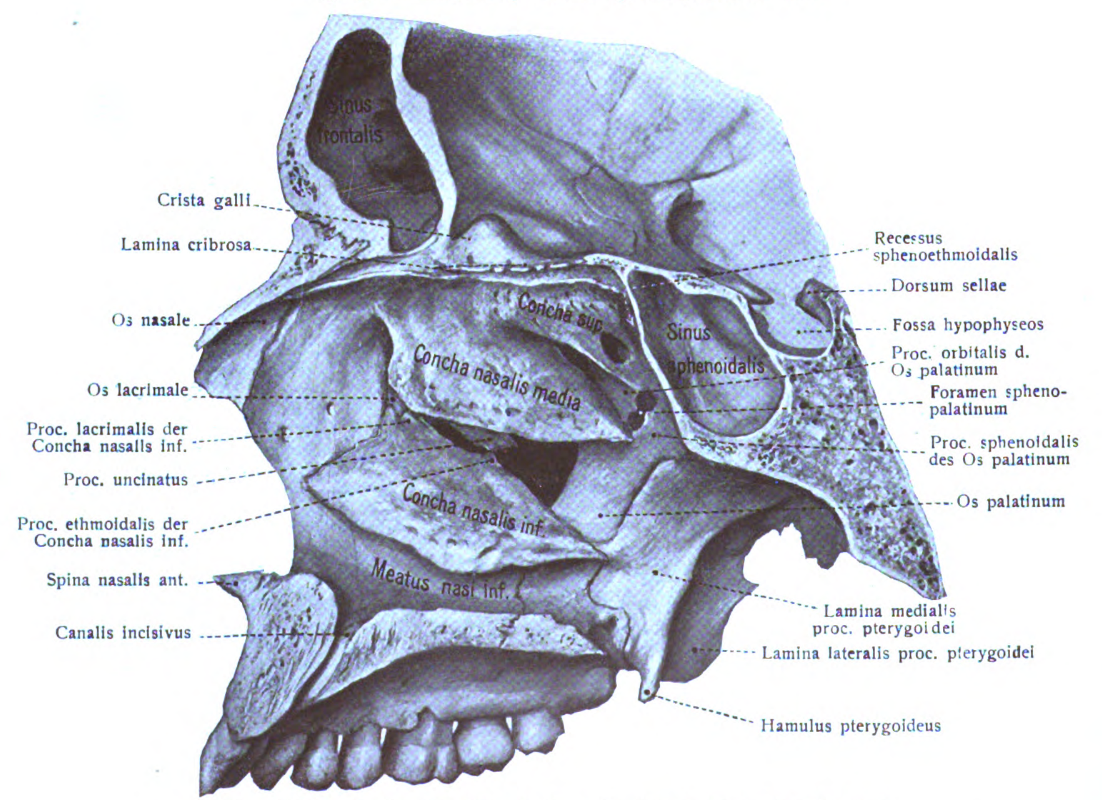


Fig. 154. Laterale Wand der (rechten) **Nasenhöhle** ($^1/_1$).

kreisförmigen Linien der Scheitelbeine. Sie ist glatt, gewölbt, in sagittaler Richtung längsoval, in der Scheitelgegend breiter als in der Stirngegend, flacht sich vorn etwas ab und besitzt hinten einen kleinen Vorsprung. Der Mittelteil des Gewölbes heißt Scheitel, Vertex, der vordere flachere Teil Stirn, Frons (Sinciput), der hintere abfallende Teil Hinterhaupt, Occiput.

β. Die vordere Gegend, Facies (ossea), das knöcherne Gesicht. Figg. 165, 166.

Das knöcherne Gesicht liegt unterhalb der Stirn, zeigt die Öffnungen der beiden Augenhöhlen, Orbitae, deren vordere Öffnung, Aditus orbitae, umrahmt wird von Stirnbein, Jochbein und Oberkieferbein, welche den Margo supra- und infraorbitalis bilden. Zwischen den Augenhöhlen erhebt sich der nach vorn-unten abfallende Nasenrücken, welcher von den Nasenbeinen und den Stirnfortsätzen der Oberkieferbeine gebildet wird. Unter ihm befindet sich die median gestellte vordere Nasenöffnung des Schädels, Apertura piriformis, von umgekehrt herzförmiger oder birnförmiger Gestalt. Ihre dünnen scharfen Ränder dienen den Nasenknorpeln zur Anheftung und bilden unten die Spina nasalis anterior. Unter der Nasenöffnung liegen die Fossae praenasales der Oberkieferbeine, unter der Augenhöhlenöffnung die Fossa canina, weiter lateral die Hervorragung der Wange, welche gebildet wird von den vorderen und unteren Teilen des Jochbeins und dem Jochfortsatz des Oberkieferbeins. Unten wird das Gesichtsskelet durch den Unterkiefer und das Zungenbein ergänzt, wobei besonders auf die vorspringende Protuberantia mentalis als eines spezifisch menschlichen Merkmals hingewiesen werden muß. Die kleineren Besonderheiten der Gesichtsgegend sind alle schon erwähnt worden. Einer besonderen Betrachtung bedürfen aber die Augen- und Nasenhöhlen.

1. Die Augenhöhle, Orbita. Figg. 153, 165.

Die Augenhöhle ist eine unregelmäßige vierseitige pyramidale Grube, deren Basis vor- und lateralwärts gerichtet ist, während die Spitze hinten medial liegt. Die Axen der beiden Orbitae schneiden sich bei Verlängerung nach hinten an der Protuberantia occipitalis int.

Die mediale Wand, Paries medialis, steht annährend parallel zur Mittellinie. Die laterale Wand, Paries lateralis, weicht stark nach außen, so daß die beiden lateralen Wände beinahe rechtwinklig zueinander stehen und sich bei hinterer Verlängerung in der Gegend der Hypophysengrube schneiden. Das Dach, Paries superior, geht vorn in die mediale und in die laterale Wand bogenförmig über. Der lateral-vorwärts abschüssige Boden, Paries inferior, setzt sich unter allmählicher Hebung in die mediale Wand fort.

Sieben Knochen treten zur Bildung der Wände zusammen. 1. Maxilla mit Facies orbitalis und Proc. frontalis. 2. Proc. orbitalis ossis palatini. 3. Os lacrimale. 4. Lamina papyracea ossis ethmoidalis. 5. Ala parva und magna ossis sphenoidalis. 6. Facies orbitalis ossis frontalis. 7. Facies orbitalis ossis zygomatici. Die Nahtverbindungen zwischen diesen Knochen sind an der medialen Wand die Sutura sphenoethmoidalis, lacrimoethmoidalis, lacrimomaxillaris, ethmoideomaxillaris, frontoethmoidalis, frontolacrimalis, frontomaxillaris. An der lateralen Wand findet man die Sutura sphenozygomatica, zygomaticofrontalis, sphenofrontalis. An der oberen Wand die Sutura sphenofrontalis, am Boden die Sutura infraorbitalis, zygomaticomaxillaris. Die Verbindungen der Orbita mit benachbarten Höhlen sind: Foramen opticum, Fissura orbitalis sup., Foramen ethmoidale ant. mit der Schädelhöhle; Foramen ethmoidale ant. und post., sowie Canalis nasolacrimalis mit der Nasenhöhle; Fissura

orbitalis inf. mit Fossa pterygopalatina; mit der Fossa temporalis durch die Fissura orbitalis inferior und den Canalis zygomaticotemporalis; mit dem Gesicht durch den Aditus orbitae, den Canalis zygomaticofacialis, das Foramen supraorbitale und den Canalis infraorbitalis.

Vom Foramen opticum ist jedoch noch zu bemerken, daß es an der medialen Seite der Pyramidenspitze so gelegen ist, daß man bei medianer Einstellung des Schädels und des Beobachters nichts von ihm wahrnehmen kann. Etwas unterhalb des Foramen opticum beginnt die keulenförmige Fissura orbitalis superior. Durch ihren medialen weiteren Abschnitt treten vier Nerven (Oculomotorius, Trochlearis, Abducens, I. Ast des N. trigeminus) und die Vena ophthalmica sup. hindurch. Am hinteren Ende der lateralen und unteren Wand der Orbita hängt die Fissura orbitalis superior zusammen mit dem Beginn der langgestreckten Fissura orbitalis inferior. Sie reicht zwischen Oberkieferkörper und Ala magna des Keilbeins vor und lateralwärts bis zum Jochbein. Hinter dem Oberkieferkörper bildet der Processus orbitalis des Gaumenbeins ein Stück der medialen Begrenzung.

Vor dem lateralen Ende der Fissura orbitalis superior findet sich häufig eine kleine Öffnung, Foramen meningeoorbitale, welche zur Schädelhöhle führt und einen Zweig der A. meningea media zur A. lacrimalis durchläßt.

Der vordere Teil der medialen Wand zeigt die Fossa sacci lacrimalis, welche abwärts in den knöchernen Canalis nasolacrimalis führt, dessen untere Mündung im Anfangsstück des Meatus nasi inferior gelegen ist.

Leichte Asymmetrien in Form und Lage der Augenhöhlen sind eine gewöhnliche Erscheinung. Verlust des Auges zieht eine Verkleinerung der Orbita nach sich, wie Verlust eines Zahnes den Schwund seiner Alveole.

2. Die Nasenhöhle, Cavum nasi. Figg. 107, 154, 155, 164—167.

Die Höhlen der knöchernen Nase liegen jederseits vor der median gestellten, meist aber seitlich verbogenen Nasenscheidewand. Vorn münden beide zusammen aus mit der Apertura piriformis, hinten je mit einer Choana. In die Nasenhöhle münden ein die sogenannten Nebenhöhlen, nämlich die verschiedenen Gruppen der Cellulae ethmoidales, die Sinus sphenoidalis, frontales und maxillares, deren Knochen dadurch leichter werden; doch ist der ganze Sinn der Einrichtung ein tieferer. (S. weiter unten Conchae nasales.)

Jede Nasenhöhle hat fünf Wände, eine obere, untere, laterale, mediale, hintere, ferner zwei Öffnungen, eine hintere, die Choane, und eine vordere. Die vorderen Öffnungen beider Nasenhöhlen münden zusammen aus in der Apertura piriformis.

Am einfachsten gestaltet ist die untere Wand, der Boden der Nasenhöhle. Er wird gebildet durch die Facies nasalis des Gaumenfortsatzes vom Oberkieferbein und der Pars horizontalis des Gaumenbeins. Er ist glatt, konkav von vorn nach hinten und von medial nach lateral. Im vorderen Teil befindet sich das Foramen incisivum. Die einzige Naht ist die Sutura palatina transversa. (Bei jüngeren Individuen ist noch die Sutura incisiva vorhanden.)

Die mediale Wand ist die Nasenscheidewand, bestehend aus dem Septum nasi osseum und der Cartilago septi nasi. Die knöchernen Teile sind die Pars perpendicularis des Siebbeins, der Vomer, die Seitenfläche der Crista nasalis, die Crista sphenoidalis. Die Nähte (z. Teil nicht in den B. N. A. benannt) zwischen diesen Teilen sind die Sutura vomeromaxillaris, vomeropalatina, vomeroethmoidalis, sphenoethmoidalis. An Reliefs der Oberfläche sind zu merken: im oberen Teil der Lamina perpendicularis zahlreiche Rinnen und Furchen für die Nn. olfactorii und auf der Außenfläche des Pflugscharbeins die Rinne, bezw. der Kanal für den Nervus und die Arteria nasalis post. septi. Besondere Beachtung verdient der schmale Streifen von Knorpel, welcher parallel der oberen Kante des Vomer zwischen ihr und der unteren Kante der Lamina perpendicularis sich oftmals bis zum Keilbein erstreckt, Processus sphenoidalis septi cartilaginei. Fig. 107.

Die obere Wand wird gebildet von der Innenfläche des Nasenbeins, einem kleinen Stück des Stirnbeins, der Lamina cribrosa, und dem Keilbein. Fig. 154.

Die hintere Wand ist nur im oberen Teil der Nasenhöhle vorhanden; sie wird gebildet von der vorderen Fläche des Keilbeinkörpers und enthält die Öffnung der Keilbeinhöhle.

Die laterale Wand ist am schwierigsten zu verstehen. An ihrem Aufbau beteiligen sich fünf Knochen: 1. das Oberkieferbein, 2. das Gaumenbein, 3. die untere Muschel, 4. das Siebbein, 5. das Nasenbein. Eine Anzahl tiefer Rinnen, Buchten und Öffnungen werden durch diese Teile gebildet. Zunächst werden durch die gewöhnlich vorhandenen drei Nasenmuscheln drei tiefe von vorn nach hinten verlaufende Gänge abgeteilt. 1. Meatus nasi superior, oberer Nasengang, unterhalb der oberen Muschel, 2. Meatus nasi medius, mittlerer Nasengang, unterhalb und lateral von der mittleren Muschel, 3. Meatus nasi inferior, unterer Nasengang, unterhalb

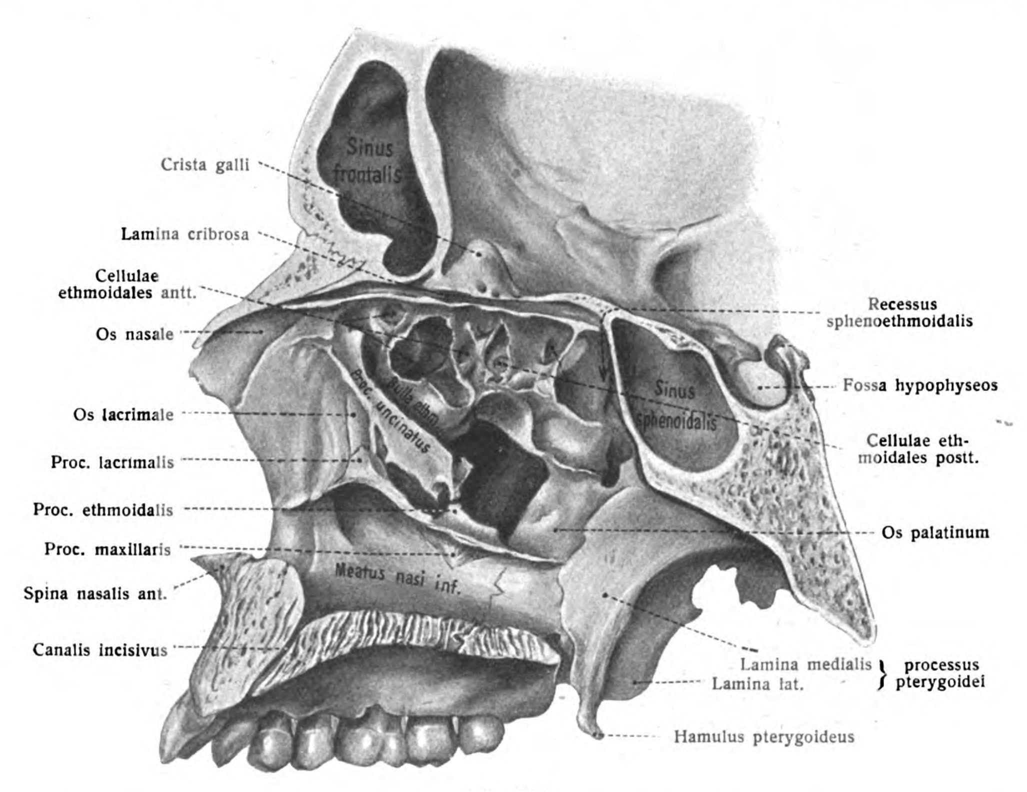


Fig. 155.

Laterale Wand der (rechten) **Nasenhöhle** nach Entfernung von Teilen der mittleren und der unteren Muschel. (1/1.)

und lateral von der unteren Muschel. Nach vorn und nach hinten und medianwärts gehen diese drei Gänge in einheitliche Räume über, und zwar medianwärts in den Meatus nasi communis, welcher die schmale neben dem Septum durch die ganze Höhe der Nasenhöhle ziehende Spalte ist, hinten in den Meatus nasopharyngeus. In letzteren mündet ein, von oben her kommend, der Recessus sphenoethmoidalis, eine an Tiefe und Ausdehnung äußerst variable Rinne zwischen der vorderen Wand des Keilbeinkörpers und der hinteren Wand des Siebbeinlabyrinths. An Nähten sind vorhanden die Sutura lacrimoconchalis, palatomaxillaris, palatoethmoidalis, conchomaxillaris, conchopalatina, ethmoideomaxillaris. Schneidet man die frei hervorragenden Teile der unteren und der mittleren Muschel ab, so kommen noch eine Anzahl anderer wichtiger Einzelheiten zutage. Im unteren Nasengang sieht man die Zusammensetzung aus drei Knochen. 1. Facies nasalis des Oberkieferbeins, 2. Processus maxillaris der unteren Muschel, 3. Pars perpendicularis des Gaumenbeins. Unterhalb des vorderen Teils der Insertionslinie der Muschel befindet sich die untere (nasale) Öffnung des Canalis nasolacrimalis.

Die laterale Wand des mittleren Nasenganges zeigt vorn das Os lacrimale, welchem von unten her der Processus lacrimalis der unteren Muschel entgegenkommt, dann den Processus uncinatus und zum Schluß die Pars perpendicularis des Gaumenbeins. Der Processus uncinatus kommt vom vordersten Teil des Siebbeinlabyrinths und zieht, gebogen wie ein Türkensäbel, zum Processus ethmoidalis der unteren Muschel. Dadurch zerlegt er den Eingang in den Sinus maxillaris, welcher am isolierten Knochen als eine große Mündung erscheint, in zwei Spalten. In Größe, Breite, Biegung und Verhalten zu den benachbarten Knochen zeigt der Processus mannigfache Verschiedenheiten, welche praktisch von großer Bedeutung sind und deshalb, ebenso wie die zahlreichen Varianten der Muscheln, der Nebenhöhlen der Nase usw., in den Büchern der entsprechenden medizinischen Sonderfächer ausgiebig behandelt werden (vgl. Zuckerkandl, Hajek, Killian).

Parallel dem Processus uncinatus und über ihm liegt eine durch Lage und Größe ausgezeichnete vordere Siebbeinzelle, die Bulla ethmoidalis. Ihrer Gestalt nach kann sie wohl am besten mit einem Schwalbennest verglichen werden, doch sind auch hier Abarten äußerst zahlreich. Zwischen Bulla und Proc. uncinatus befindet sich ein sichelförmiger Spalt, der Hiatus semilunaris. Er bleibt von allen Öffnungen, welche beim Knochenpräparat in den Sinus maxillaris führen, allein wegsam am Weichteilpräparat als nasale Mündung eines trichterförmigen Kanals, Infundibulum (maxillare), welcher die Verbindung von Nasenhöhle und Oberkieferhöhle herstellt. Doch ist das Infundibulum nicht an der knöchernen Nasenwand zu sehen, denn es entsteht erst durch den Schleimhautüberzug.

Durch den Hiatus semilunaris bzw. in das Infundibulum oder (in etwa der Hälfte der Fälle) vor ihm mündet die Stirnhöhle in den mittleren Nasengang. Ferner öffnen sich in ihn die vorderen Siebbeinzellen, während die hinteren in den oberen Nasengang münden.

Der Recessus sphenoethmoidalis enthält die Apertura sinus sphenoidalis an seiner hinteren Wand, die vordere wird von dem Siebbeinlabyrinth gebildet. Die Lage der Keilbeinhöhlenöffnung variiert erheblich. Sie kann dicht neben der Mittellinie, oder ganz lateralwärts in der Tiefe des Recessus oder an irgend einer Stelle zwischen beiden Extremen liegen. Zugleich aber befindet sie sich meist dicht unter dem Dach der Nasenhöhle.

Unterhalb des Recessus sphenoethmoidalis befindet sich das Foramen sphenopalatinum. Es wird von den Processus orbitalis und sphenoidalis des Gaumenbeins sowie vom Corpus ossis sphenoidalis begrenzt und führt von der Nasenhöhle in die Fossa pterygopalatina. Es dient zum Durchtritt von Nerven und Gefäßen, ist aber am Weichteilpräparat völlig verschlossen.

Die Längs- und Höhenausdehnung der Nasenhöhlen ist ansehnlich, der quere Durchmesser besonders im oberen Teil klein, so daß sie daselbst ziemlich eng und spaltförmig erscheinen. Jede Höhle ist vierseitig, die obere laterale Kante leicht abgerundet. Die mittlere Weite beträgt 1,4 bis 1,8 cm, die Höhe in der Mitte 4,5 cm, vorn und hinten viel weniger, teils infolge der Gestalt des Nasendachs, teils infolge des hinteren Ansteigens des Bodens.

Die Asymmetrien der Nase betreffen nicht allein das Septum, sondern auch die Muscheln, den Ein- und Ausgang der Nasenhöhlen. Eine eigentümliche Form der Apertura piriformis ist die ulmenblattartige (Welcker).

Von den Conchae nasales.

Das Riechorgan sämtlicher Wirbeltiere zeigt, wenn es nicht besonders stark rückgebildet ist, das Bestreben, seine innere Oberfläche erheblich zu vergrößern. Bei den wasserlebenden Formen dient es allein dem Riechsinne; die Notwendigkeit, den Ästen des Riechnerven eine möglichst große Fläche darzubieten, ohne das Organ selbst erheblich zu vergrößern, erzeugte die verwickelte Oberflächengestaltung in Form von Höckern, Falten, Furchen. Bei den luftatmenden Formen dient die Nasenhöhle außerdem der Atmung, indem die durchstreichende Luft filtriert, durchfeuchtet und vorgewärmt wird. Auch diese zweite Funktion wirkt im Sinne der Oberflächenvergrößerung, um ein dichtes Filter zu schaffen. (K. Peter.)

In der Nasenhöhle der Säugetiere und des Menschen werden die an der Wand vorspringenden Wülste als Nasenmuscheln, die zwischen ihnen verlaufenden Rinnen als Nasengänge bezeichnet.

Die morphologische Bedeutung der Muscheln hat die vergleichende Anatomie festzustellen versucht, doch haben die Untersuchungen von Peter gezeigt, daß die vergleichende Entwicklungsgeschichte hier an erster Stelle steht.

Die Modellierung der lateralen Wand der Nasenhöhle geht in der Weise vor sich, daß auf ihr in sehr früher Zeit Furchen entstehen (Hauptfurchen), welche Wülste (Hauptmuscheln) abgrenzen. Auf den Hauptmuscheln können sich sekundäre Nebenfurchen bilden, wodurch die

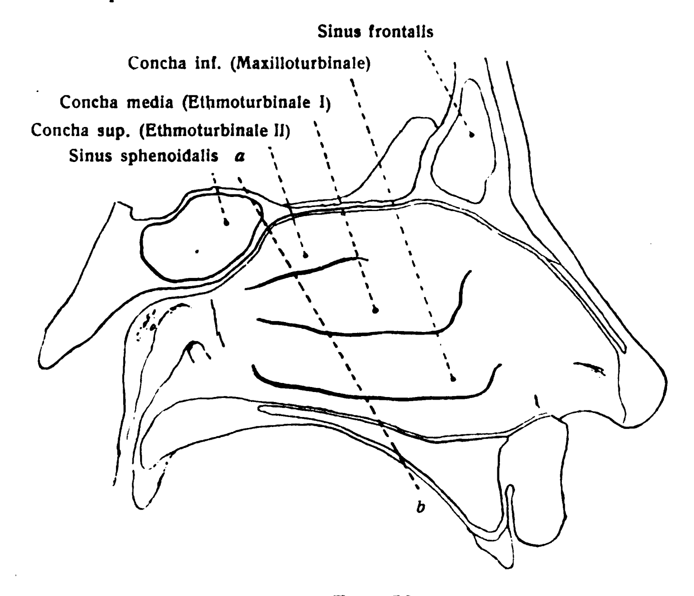


Fig. 156.

Schema vom Bau der lateralen Wand der Nasenhöhle. (Nach Peter.)
ab bezeichnet die Richtung, in welcher der Schnitt der rechten Hälfte der Fig. 157 gelegt ist.

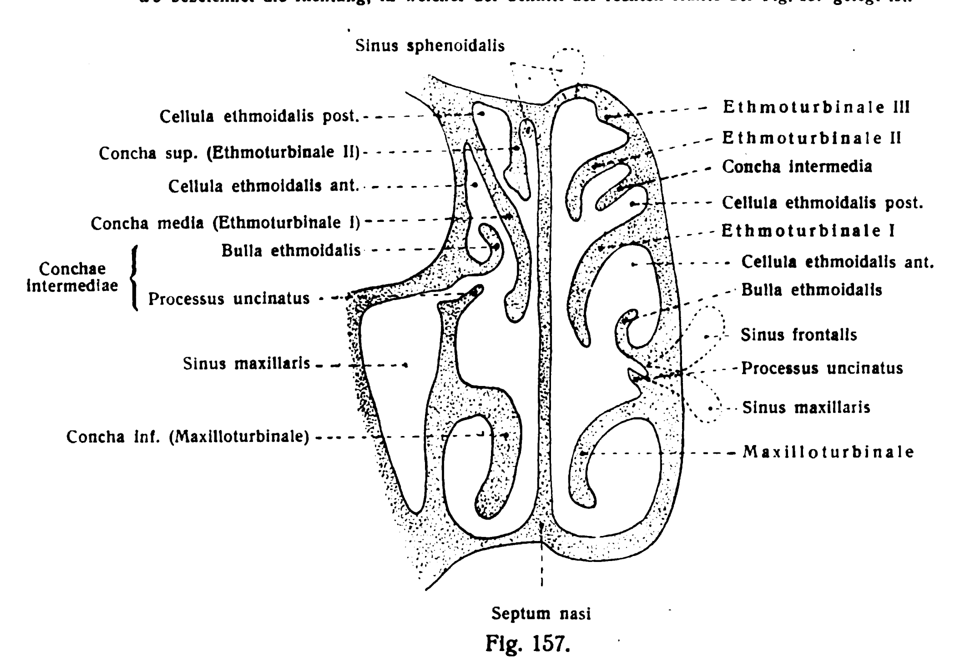


Fig. 157.

Schnitt durch die menschliche Nasenhöhle. Schema. (Nach Peter.)
Links Frontalschnitt. Rechts Schnitt in der Richtung der Linie *ab* der Fig. 156, alle Muscheln und Nebenmuscheln zeigend. Das Ethmoturbinale III wird embryonal zwar angelegt, verschwindet jedoch später.

Hauptmuschel in Nebenmuscheln zerlegt wird. Auf ähnliche Weise können sich in der Tiefe der Hauptfurchen Nebenmuscheln entwickeln. Der Grund aller Furchen kann sich zu Nebenhöhlen erweitern, welche von den verschiedensten Punkten entstehen können.

Die Anordnung der Muscheln bei den Säugetieren weicht erheblich ab von der des Menschen und ihre Homologisierung bietet erhebliche Schwierigkeiten.

Den vorderen Teil der Nasenhöhle der Säuger nehmen zwei Wülste ein, unten das dem Oberkieferbein angelagerte Maxilloturbinale, oben das dem Nasenbein benachbarte Nasoturbinale. Hinter ihnen springen von dem Siebbein ausgehende Ethmoturbinalia, Siebbeinmuscheln, in wechselnder Zahl vor.

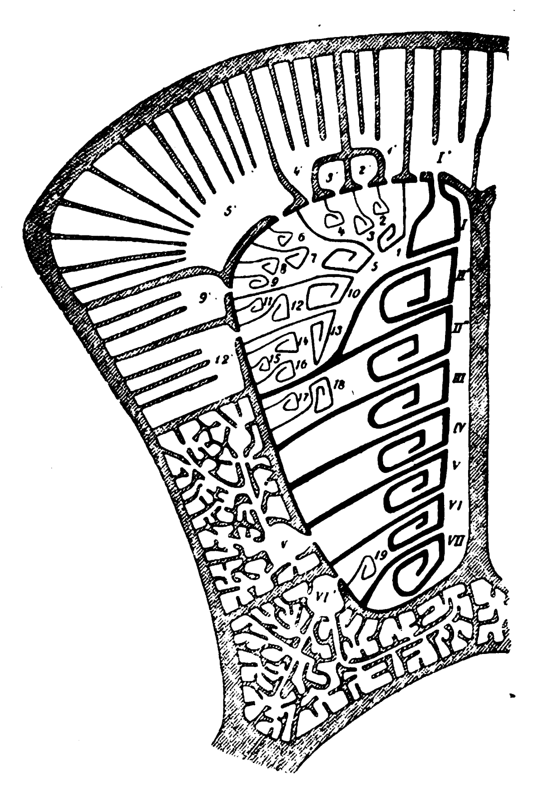


Fig. 158.

Linke Nasenhöhle des Elefanten, mit den Muscheln und pneumatischen Räumen. Schematischer Schnitt durch die Nasenhöhle dicht vor der Siebplatte und ihr parallel.

Beim Menschen haben sich die Siebbeinmuscheln mit der Verkürzung der Schnauze und der Horizontalstellung der Siebplatte über das Maxilloturbinale geschoben; das Nasoturbinale aber ist zu einem ganz flachen Wulst, dem Agger nasi, rückgebildet.

Die untere Muschel des Menschen entspricht dem Maxilloturbinale der Säugetiere. Ethmoturbinalia, von denen bei Säugetieren meist 3—4 vorkommen, werden beim Menschen 2—3 angelegt, aber nur zwei ausgebildet. Sie liefern die mittlere und die obere Muschel. Die Concha suprema ist eine Nebenmuschel der oberen Siebbeinmuschel und wird sekundär durch eine Nebenfurche abgeschnürt. Von allen Nasengängen unter den Siebbeinmuscheln können Nebenhöhlen ihren Ausgang nehmen. Besonders zahlreiche entstehen vom mittleren Nasengang aus, in dem als Nebenmuscheln Bulla ethmoidalis und Proc. uncinatus liegen. Von hier entstehen die Sinus frontalis und maxillaris sowie vordere Siebbeinzellen, während vom oberen (und obersten) Nasengange aus die hinteren Siebbeinzellen sich bilden. Die Keilbeinhöhle aber entwickelt sich vom hinteren oberen Winkel der Nasenhöhle aus.

Schemata vom Bau der lateralen Nasenhöhlenwand des Menschen geben die Figg. 156, 157.

Zur Vergleichung mit der Nasenhöhle des Menschen, von der nur einfache Nebenhöhlen ausgehen, sei noch ein schematischer Frontalschnitt durch die linke Nasenhöhle des Elefanten abgebildet (Fig. 158), die ein verwickeltes Gerüstwerk von Muscheln und ein riesig entwickeltes System von Nebenhöhlen zeigt.

Pauli, S., Die Pneumatizität des Schädels bei den Säugetieren. Morpholog. Jahrb. 28. Bd. 1899 u. 1900. — Peter, K., Die Entwicklung der Nasenmuscheln beim Menschen. Arch. mikr. Anat. 80. Bd. 1912. — Derselbe, Atlas der Entwicklung der Nase usw. Jena 1913.

3. Der knöcherne Gaumen, Palatum durum. Figg. 129—131, 159—164, 167.

Das knöcherne Gaumendach wird gebildet durch die Processus palatini der Oberkieferbeine und durch die Partes horizontales der Gaumenbeine. Diese vier Stücke stoßen zusammen in der sagittal verlaufenden Sutura palatina mediana sowie in der quer verlaufenden Sutura palatina transversa. Bei jugendlichen Schädeln ist auch noch die Sutura incisiva ganz oder in Resten vorhanden (s. Figg. 129 bis 131). Im vorderen Teil der Sutura palatina mediana mündet der Canalis incisivus. Im hinteren Teil des Gaumendaches liegen seitlich das Foramen palatinum majus zwischen Gaumenbein und Oberkieferbein und die Foramina palatina minora im Processus pyramidalis des Gaumenbeins voneinander getrennt durch

den lateralen Abschnitt einer schrägen Knochenleiste, Crista marginalis, an und hinter welcher ein Teil der Sehne des M. tensor veli palatini sich ansetzt.

Die Gaumenfläche der Processes palatini des Oberkieferbeins ist rauh, höckerig, von zahlreichen größeren und kleineren Gruben, Vertiefungen und Poren bedeckt, während die Partes horizontales des Gaumenbeins meist glatt sind. Vom Foramen palatinum majus ziehen nach vorn divergierend zwei oder drei Gaumenleisten, Spinae (besser Cristae) palatinae, wodurch Gaumenfurchen, Sulci palatini, entstehen. Sie können durch eine Knochenspange teilweise überbrückt sein. In ihnen liegen die Äste des Nervus palatinus ant. und der Arteria palatina major. Die vordere und seitliche Umrahmung des harten Gaumens bildet der Processus alveolaris des Oberkiefers. Nach hinten springt die Spina nasalis posterior vor.

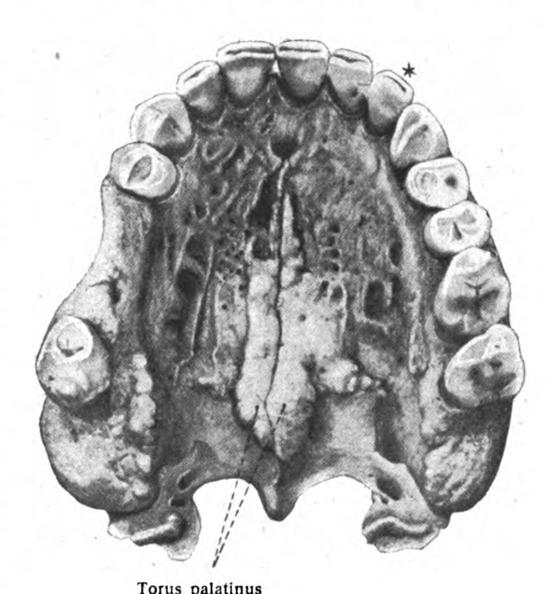


Fig. 159.
Starker Torus palatinus. Schädel eines Deutschen.
* überzähliger seitlicher Schneidezahn.

Die Wölbung des Gaumendaches in querer Richtung sowie seine Höhe sind außerordentlich verschieden. Es bestehen hier Beziehungen zwischen der Ausbildung der Zahnreihe sowie des Processus alveolaris.

Ein median gelagerter Längswulst von mehr oder minder erheblicher Länge, Breite und Höhe, Torus palatinus (v. Kupffer), kommt nach L. Stieda an den Schädeln aller Völker in verschiedener Häufigkeit vor. Am häufigsten scheint er bei Peruanern und Ainos, am seltensten bei Negern vorhanden zu sein. Waldeyer fand den Torus palatinus fast regelmäßig bei Lappenschädeln. Nach R. Weinberg ist der Torus auch bei Livenschädeln häufig.

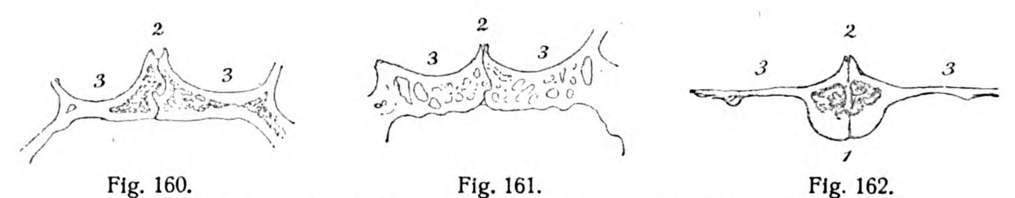


Fig. 160. Fig. 161. Fig. 162.

Figg. 160, 161. **Frontale Durchschnitte zweier gewöhnlicher harter Gaumen** aus der Mitte ihrer Länge, natürl. Größe. 2 Crista nasalis; 3 nasale Fläche des Processus palatinus maxillae.

Fig. 162. **Querschliff eines Gaumens mit starkem Torus palatinus.** 1 Torus palatinus; 2 Crista nasalis; 3 nasale Fläche des Processus palatinus maxillae.

Fig. 159 zeigt einen ausgebildeten Torus palatinus bei einem Deutschen in Flächenansicht. Fig. 162 einen Querschliff.

In seltenen Fällen zeigt der harte Gaumen eine besondere Naht, die Calorische Naht, welche sich von der queren Gaumennaht bis zur Sutura incisiva erstrecken kann oder weiter hinten schwindet. Der betreffende Schaltknochen heißt Calorischer Schaltknochen.

γ. Die seitliche Gegend des Schädels. Fig. 166.

Bei der Betrachtung des Schädels von der Seite her finden wir zunächst die schon bei den einzelnen Knochen des Schädels beschriebenen Außenflächen des Nasenbeins, Stirnbeins, Oberkiefers,

Unterkiefers, Jochbeins, Scheitelbeins, Schläfenbeins, Hinterhauptbeins. Das Verhältnis dieser Teile ist wohl leicht verständlich. Auch die Bildung des Jochbogens, Arcus zygomaticus, aus dem Processus temporalis des Jochbeins und dem Processus zygomaticus des Schläfenbeins ist ohne weiteres klar.

Eingehenderer Behandlung bedürfen die Vertiefungen an der Seitenwand, die Schläfengrube, Fossa temporalis, die Unterschläfengrube, Fossa infratemporalis, und die Flügelgaumengrube, Fossa pterygopalatina.

1. Die Schläfengrube, Fossa temporalis. Fig. 166.

Sie wird begrenzt oben und hinten durch die Lineae temporales, vorn durch das Jochbein und die Facies temporalis des Stirnbeins, lateralwärts durch die innere Fläche des Jochbogens. Die untere Grenze wird durch die Crista infratemporalis mit seinem Tuberculum spinosum und durch den unteren Rand des Jochbogens bestimmt. An dieser Stelle geht die Fossa temporalis über in die Fossa infratemporalis. Ihre mediale Wand, Planum temporale, wird gebildet vom Os parietale, der Squama temporalis, der Facies temporalis ossis frontalis, der Ala magna ossis sphenoidalis. Sie wird zum größten Teil ausgefüllt durch den Musculus temporalis.

2. Die Unterschläfengrube, Fossa infratemporalis. Figg. 166, 167.

Die Unterschläfengrube bildet die untere Fortsetzung der Schläfengrube, ist aber in querer Richtung viel tiefer als letztere. Im medialen und hinteren Teil hat sie ein besonderes Dach, die Facies infratemporalis des großen Keilbeinflügels und des horizontalen Teils der Schuppe. Ihre mediale Begrenzung wird vom Processus pterygoideus gebildet, ihre vordere Wand von der Facies infratemporalis des Oberkiefers mit dem angrenzenden Stück des Processus alveolaris.

Sie wird teils ausgefüllt durch den Processus coronoideus des Unterkiefers, teils durch den unteren Abschnitt des M. temporalis, durch den M. pterygoideus externus, sowie durch Gefäße und Nerven.

Sie setzt sich durch die Fissura orbitalis inferior in die Augenhöhle fort und vertieft sich zwischen der Wurzel des Processus pterygoideus und dem Tuber maxillare zu einer engen Schlucht, der Flügelgaumengrube.

3. Die Flügelgaumengrube, Fossa pterygopalatina. Fig. 153.

Sie wird begrenzt oben vom Keilbein, vorn vom Gaumenbein und Oberkieferbein, hinten vom Processus pterygoideus und der Facies sphenomaxillaris der Ala magna vom Os sphenoidale. Ihre mediale Wand wird von der Pars perpendicularis ossis palatini gebildet. Lateralwärts hängt sie durch eine schmale Spalte mit der Fossa infratemporalis zusammen. Sie ist oben geräumiger, verschmälert sich nach unten und geht über in den Canalis pterygopalatinus.

In diesen engen Raum mündet eine Anzahl von Öffnungen der Nachbarschaft; nämlich an der hinteren Wand das Foramen rotundum, der Canalis pterygoideus; medianwärts öffnet er sich in das große Foramen sphenopalatinum; vorn und oben findet sich der Zusammenhang mit der Augenhöhle durch die Fissura orbitalis inferior.

δ. **Die untere Gegend des Schädels,** Basis cranii externa. Fig. 167.

Die untere Schädelgegend dehnt sich der Länge nach von der oberen Nackenlinie der Hinterhauptschuppe bis zu den Schneidezähnen, in querer Richtung vom Zahnbogen und Warzenfortsatz der einen zur anderen Seite aus. Nach Entfernung

des Unterkiefers kann eine vordere, mittlere und hintere Abteilung unterschieden werden.

Der vordere Teil bildet das Dach der Mundhöhle sowie den Boden der Nasenhöhle und besteht aus dem harten Gaumen mit dem Arcus dentalis superior. (Über die Einzelheiten dieser Gegend s. Gaumen S. 122.)

Man kann aber auch sämtliche Knochen des Visceralskelets entfernen und hat dann die vordere Abteilung der Basis des Neurocranium vor Augen.

Der mittlere Teil oder das Mittelfeld der Schädelbasis erstreckt sich vom hinteren Rande des harten Gaumens bis zum vorderen Rande des Foramen occipitale magnum; seitlich bis zur Crista infratemporalis, zum Jochbogen und Warzenfortsatz. Das Mittelfeld ist sehr verwickelt und schließt seinerseits ein besonderes Mittelgebiet in sich ein: das Schlundfeld der Schädelbasis, Fossa gutturalis, welches das Schlundgewölbe aufnimmt und vorn in die Nasenhöhlen übergeht.

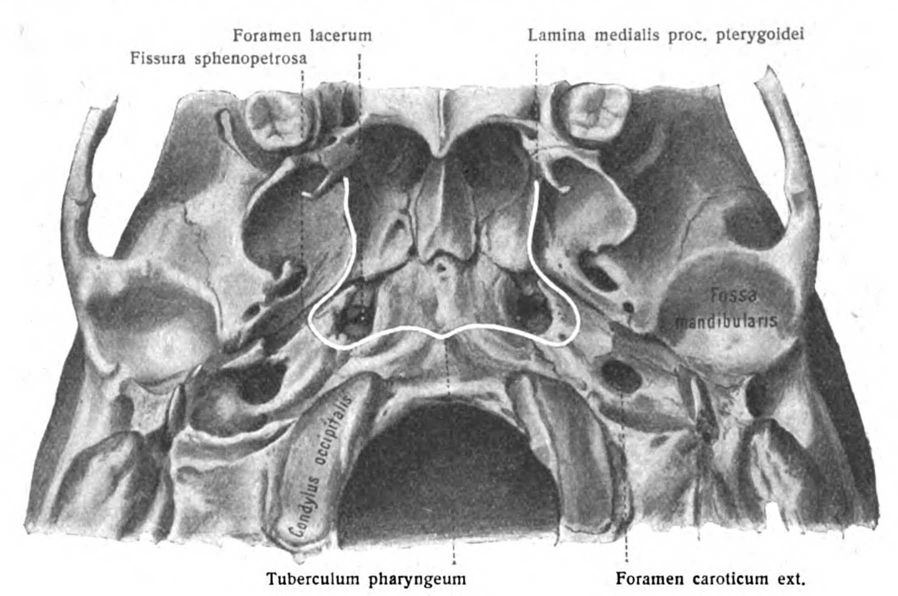


Fig. 163.

Mittlerer Teil der Basis cranii externa. 1 : 1. Das Schlundfeld der Schädelbasis ist durch eine weiße Linie bezeichnet.

Der vordere laterale Teil des Mittelfeldes stellt die Unterschläfengrube, Fossa infratemporalis, dar, welche auch bereits besprochen ist.

Die Form des Schlundfeldes ergibt sich aus folgender Begrenzung. Von der Gegend des Tuberculum pharyngeum führt eine Linie lateralrückwärts zur Fissura petrooccipitalis, schreitet darauf vor dem Foramen caroticum externum gegen die Spina angularis des Keilbeins und von dieser zur Wurzel der medialen Lamelle des Flügelfortsatzes des Keilbeins. Weiter medianwärts öffnet sich das Schlundfeld in das Dach der Nasenhöhle. Fig. 163.

Im einzelnen ist am Mittelfeld folgendes zu beachten. An den harten Gaumen schließen sich an zunächst die Lamina medialis und lateralis des Processus pterygoideus, erstere mit dem Hamulus pterygoideus. Zwischen ihnen befindet sich die Fossa pterygoidea, an deren Bildung auch das Gaumenbein beteiligt ist. Oberhalb der horizontalen Platte des Gaumenbeins führen die Choanen in die Nasenhöhle, getrennt durch den hinteren scharfen Rand des Vomer. Die Begrenzung der Choanen wird gebildet durch die Pars horizontalis ossis palatini, Lamina medialis, und Processus vaginalis des Processus pterygoideus, Ala vomeris, hintere Kante des Vomer. Sieht man in die Nasenhöhle hinein, so erkennt man unschwer die drei Nasenmuscheln, die drei Nasengänge und das untere Ende des Recessus sphenoethmoidalis. An der Unterfläche des Corpus ossis sphenoidalis befinden sich zwei Kanälchen. Der Canalis basipharyngeus, mehr medial gelegen, der Can. pharyngeus seitlich von der Ala vomeris. An der Wurzel des Processus pterygoideus liegt über der Fossa pterygoidea in der Nähe der Lamina medialis die Fossa scaphoidea, in welcher ein Teil des

Musculus tensor veli palatini entspringt. Noch mehr seitlich liegt das Foramen ovale für den dritten Trigeminusast und in geringer Entfernung von ihm das Foramen spinosum, hinter welchem die verschieden stark ausgebildete Spina angularis hervorragt. Annähernd parallel der Linie, an welcher Foramen ovale, spinosum, Spina angularis liegen, verläuft die Fissura sphenopetrosa und der Sulcus tubae auditivae, welcher der Ala magna angehört. Er führt am Apex pyramidis zum Canalis musculotubarius.

Um sich schon beim knöchernen Schädel eine Vorstellung von der Lage und dem Verlauf der Tuba auditiva zu machen, wolle man aus einem quadratischen Stück Papier von 5 cm Seitenlänge eine kleine, spitze, kegelförmige Tüte drehen. Diese drücke man platt, kürze sie auf eine Länge von 3,5 cm, stecke das spitze Ende in den Canalis musculotubarius, und sorge, daß die eine Kante im Sulcus tubae auditivae liegt. Das improvisierte Modell wird dem Studierenden das Verständnis dieses schwierigen Kapitels wesentlich erleichtern.

Nach hinten vom Vomer folgt die Pars basilaris des Hinterhauptbeins. Man achte auf etwa vorhandene Spuren des Canalis craniopharyngeus. In einiger Entfernung vom vorderen Rand des For. occipitale magnum springt das Tuberculum pharyngeum vor. Seitlich von diesem verlaufen schräg vor-lateralwärts zwei einander parallele Leisten, die vordere für den M. longus capitis, die hintere für den M. rectus capitis ant. Neben der seitlichen Umrahmung des Hinterhauptloches liegt jederseits der Condylus occipitalis.

Zwischen der Pars basilaris des Hinterhauptbeins, der Basis vom Proc. pterygoideus, und dem Apex pyramidis befindet sich das Foramen lacerum, welches durch die Fibrocartilago basalis verschlossen wird.

An der Oberfläche des Os temporale finden wir die untere Öffnung des Canalis caroticus, weiter seitwärts das Tuberculum articulare und die Fossa mandibularis sowie die Fissura petrotympanica und petrosquamosa.

Im hinteren Teil der äußeren Schädelbasis befindet sich zunächst das Foramen occipitale magnum; seitlich von ihm der Condylus occipitalis, neben welchem die Pars lateralis vom Hinterhauptbein mit dem Processus paramastoideus liegt. Der Canalis hypoglossi öffnet sich oberhalb und seitlich, der Canalis condyloideus hinter dem Condylus. Zwischen der Pars lateralis und dem Os temporale befindet sich das Foramen jugulare mit seinen beiden durch die Processus intrajugulares abgegrenzten Abteilungen. Der Processus styloideus, umscheidet von seiner Vagina processus styloidei, ist ebenso wie das Foramen stylomastoideum und der Processus mastoideus leicht zu finden. Medianwärts von letzterem liegt die sehr variable Incisura mastoidea für den Ursprung des hinteren Digastricusbauches. Parallel zur Richtung der Incisura verläuft auf einer Knochenleiste der ebenfalls sehr verschieden starke Sulcus arteriae occipitalis. Innerhalb oder in der Nähe der Sutura occipitomastoidea mündet mit einer oder mehreren Öffnungen das Foramen mastoideum aus.

Der hintere Teil oder das Nackenfeld der Schädelbasis gehört dem Planum nuchale der Squama occipitalis an; es erstreckt sich vom hinteren Rand des Foramen occipitale magnum seitlich zum hinteren Rand des Processus mastoideus und dehnt sich rückwärts bis zur oberen Nackenlinie aus. Dies ist die topographische Begrenzung; die morphologische Grenze der Schädelbasis erstreckt sich dorsalwärts nur bis zum vorderen Rand des Foramen occipitale magnum. Auf dem Nackenfeld sind zu bemerken die median verlaufende Crista occipitalis externa, die Lineae nuchae inf., sup., suprema und die Protuberantia occipitalis externa.

d) Innere Oberfläche des Schädels, Schädelhöhle, Cavum cranii. Figg. 152, 164, 168.

Der Innenraum der Schädelkapsel wird teils von den schalenförmigen Knochen des Schädelgewölbes, teils von basalen Knochen umschlossen. Die ersteren sind an Dicke gleichmäßiger, die letzteren sehr ungleichmäßig.

Die dünnsten Gebiete der Schädelhöhlenwand sind die Siebplatte, das mittlere Gebiet des Daches der Augenhöhle, die obere Wand des Keilbeinkörpers, das Gebiet der Fossa mandibularis ossis temporalis, das Tegmen tympani, das mittlere Gebiet der Squama temporalis, das Gebiet der Fossa condyloidea und der Gruben unterhalb des Sulcus transversus. Brüche der Schädelbasis werden in ihrer Richtung teils durch die Dünnheit der Knochengebiete, teils durch die Löcher der Schädelbasis beeinflußt, wenn auch keineswegs ausschließlich bestimmt. (Fig. 285.) Vielmehr kommt hier vor allem die Richtung des Stoßes und seine Angriffsstelle in Betracht.

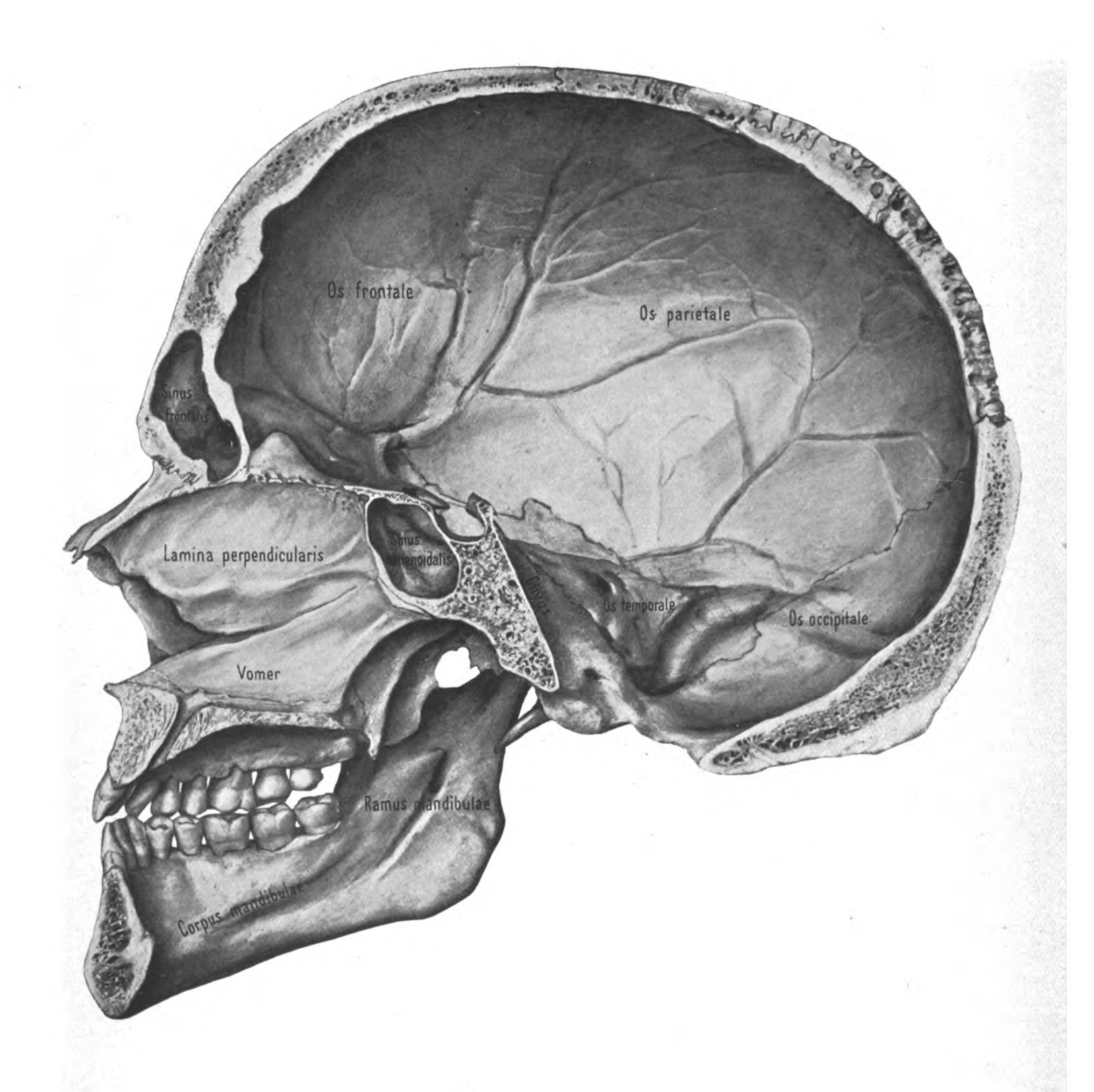


Fig. 164. Sagittalschnitt durch die Mitte des Schädels ($^4/_5$).

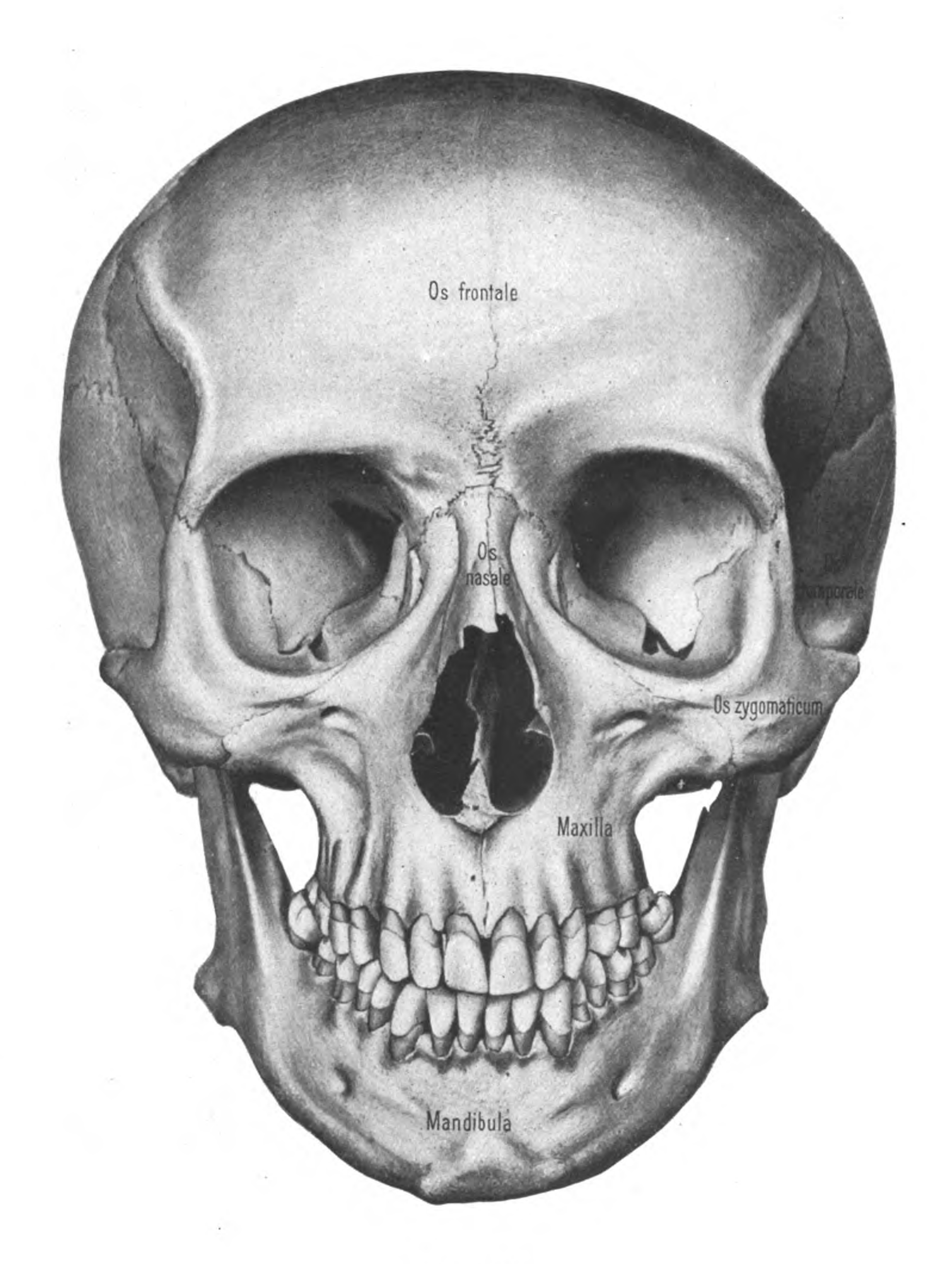


Fig. 165.

Schädel, Cranium (Mann von 45 Jahren) von vorn ($^4/_5$).
(Anatomische Sammlung, Berlin.)

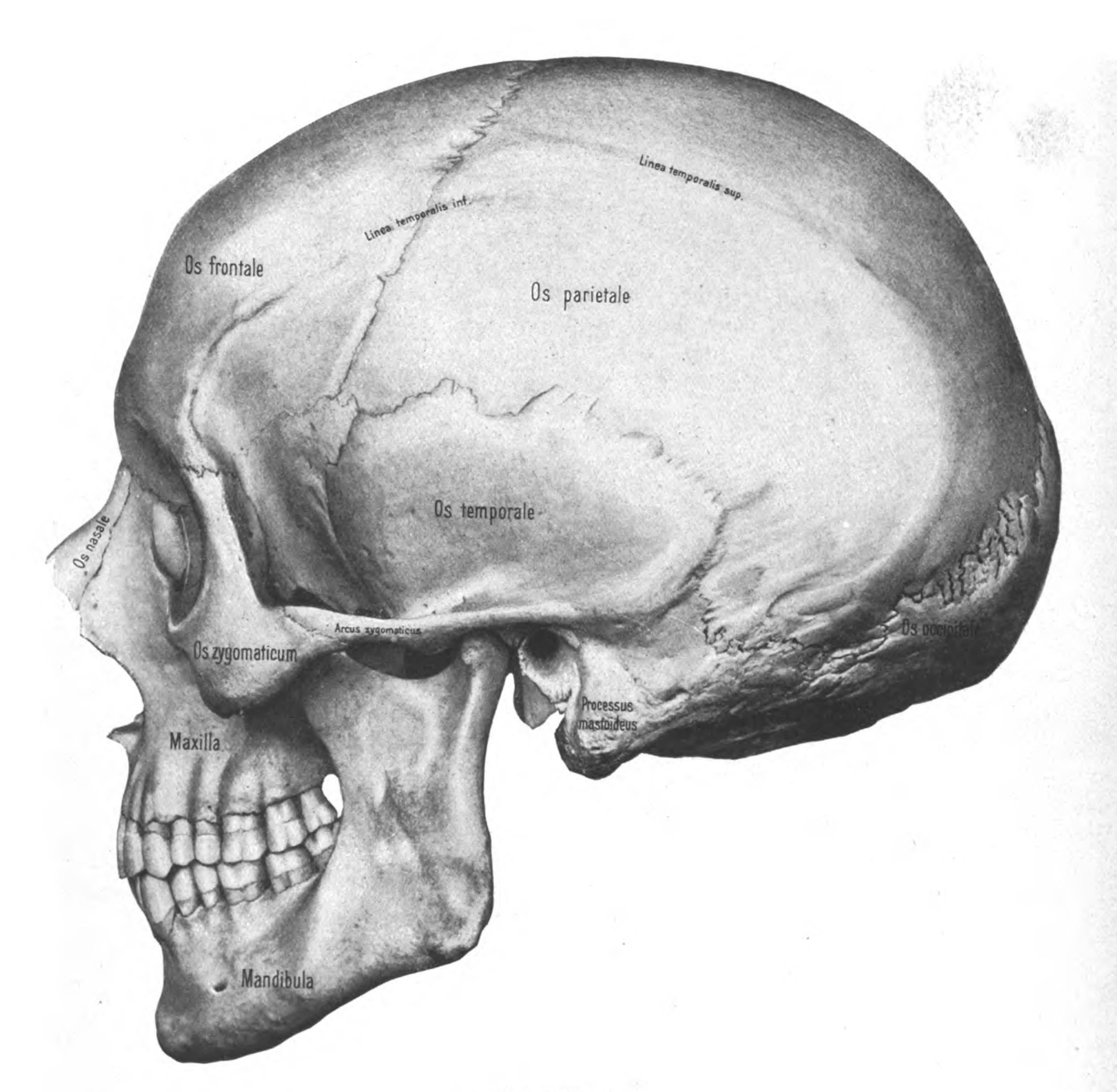


Fig. 166.

Schädel, Cranium (Mann von 45 Jahren) von der Seite ($^{4}/_{5}$).

(Anatomische Sammlung, Berlin.)

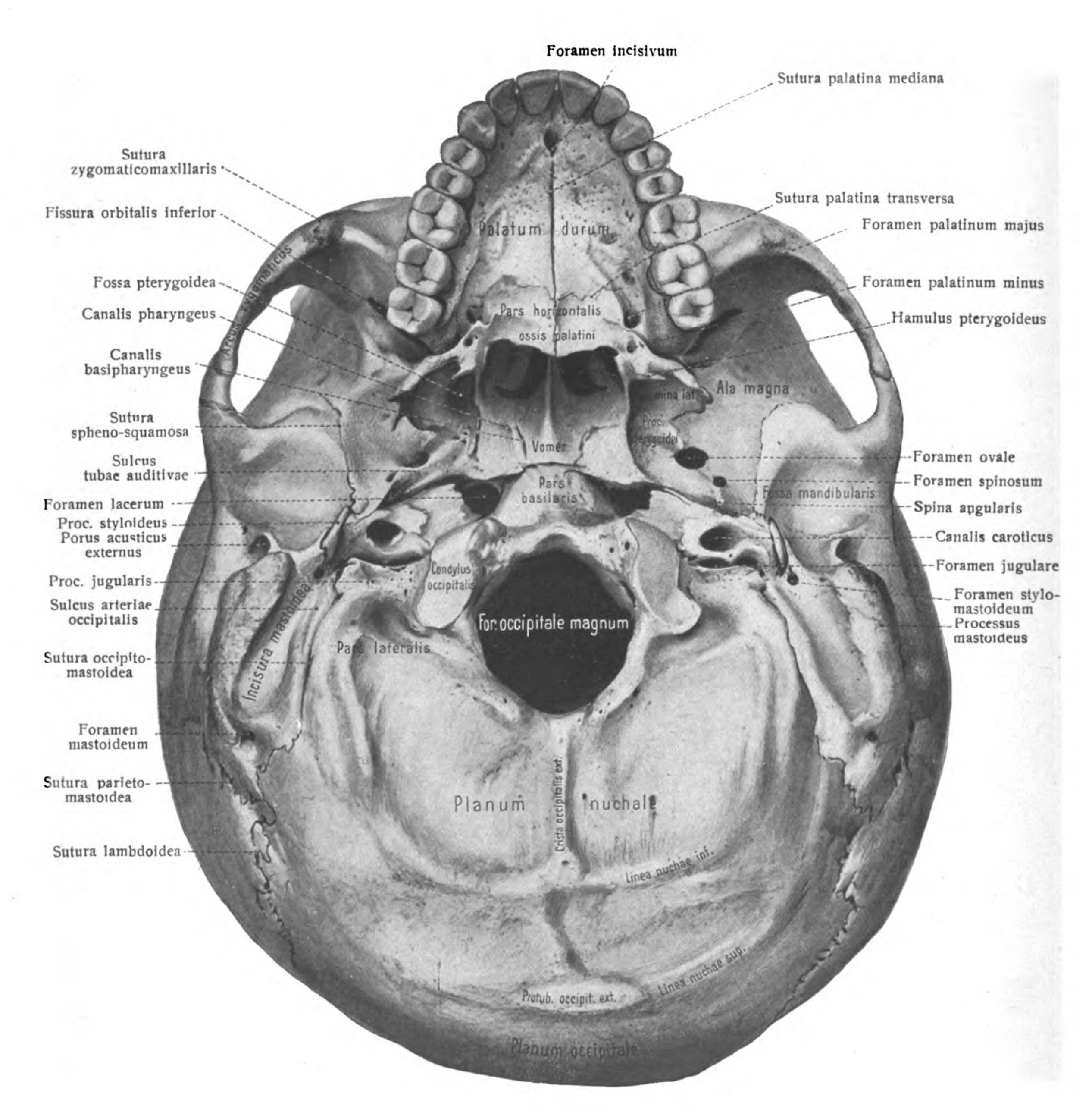


Fig. 167.

Äußere Schädelbasis, Basis cranii externa (Mann von 45 Jahren) (4/5).
(Anatomische Sammlung, Berlin.)

Der obere und seitliche Umfang der Schädelhöhle bildet eine ununterbrochene Wölbung, der basale Bezirk aber, Basis cranii interna, zeigt außer terrassenförmigen Abstufungen eine außerordentliche Menge von Besonderheiten. Infolge einer zweimaligen Senkung der Basis entstehen jederseits drei geräumige Gruben, welche in ihrer wesentlichen Form mit der basalen Fläche des Hirns übereinstimmen. Zwischen den beiderseitigen Gruben befindet sich ein mittlerer unpaariger Bezirk, bestehend aus Lamina cribrosa mit Crista galli, Jugum sphenoidale, Fossa hypophyseos, Dorsum sellae, Clivus und Foramen occipitale magnum.

Die vordere Schädelgrube, Fossa cranii anterior, ausgezeichnet durch stark entwickelte Impressiones digitatae und Juga cerebralia, besitzt einen vorn abgerundeten Boden, liegt von allen Schädelgruben am höchsten und wird durch die scharfe sichelförmig ausgeschnittene hintere Kante des kleinen Keilbeinflügels von der mittleren Schädelgrube getrennt. Sie nimmt den Lobus frontalis des Großhirns auf. Die Sutura sphenofrontalis verbindet die Pars orbitalis des Stirnbeins mit der Ala parva des Keilbeins.

Die mittlere Schädelgrube, Fossa cranii media, liegt tiefer als die vordere. Sie wird begrenzt vorn von der hinteren Kante des kleinen Keilbeinflügels, medial von der Seitenwand des Keilbeinkörpers, hinten vom Angulus superior pyramidis, seitlich von der Schuppe des Schläfenbeins. Ihr Boden wird gebildet von der Facies cerebralis des großen Keilbeinflügels und von der Facies anterior pyramidis. Abgesehen von den Impressiones digitatae und Juga cerebralia sind folgende Einzelheiten zu bemerken. Vorn bildet die Fissura orbitalis superior die Verbindung mit der Augenhöhle. Sie läßt die Nn. oculomotorius, trochlearis, abducens, den ersten Ast des N. trigeminus, die Vena ophthalmica sup. durchtreten. Das Foramen rotundum führt den zweiten Trigeminusast in die Flügelgaumengrube, das Foramen ovale den dritten Ast des Trigeminus in die Unterschläfengrube. Das Foramen spinosum bringt die Arteria meningea media und den Nervus spinosus in die Schädelhöhle. Der Sulcus arteriae meningeae mediae und seine Verzweigung sind bald mehr, bald weniger tief auf der Innenfläche der Squama temporalis sichtbar. An der Seitenwand des Keilbeinkörpers liegen der Sulcus caroticus und die Lingula sphenoidalis, vor der Spitze der Schläfenbeinpyramide das Foramen lacerum und auf ihr die Impressio trigemini für das Ganglion semilunare (Gasseri). Auf der oberen Fläche der Schläfenbeinpyramide finden wir die Eminentia arcuata, den Hiatus canalis facialis, die Apertura sup. canaliculi tympanici, den Sulcus n. petrosi superf. maj. und Sulcus n. petrosi superf. min. an bekannter Stelle vor. Die obere Wand des Carotiskanals zeigt meist größere oder kleinere Dehiscenzen; sie kann zum größten Teil fehlen. Auf der oberen Pyramidenkante finden wir den Sulcus petrosus superior. An Schädelnähten sind aufzusuchen die Sutura sphenoparietalis, sphenosquamosa, sphenopetrosa und die eventuell vorhandene Fissura petrosquamosa.

Die mittlere Schädelgrube nimmt den Schläfenlappen des Gehirns auf. Die Gyri desselben bedingen an der Innen- und auch an der Außenfläche (G. Schwalbe) der Squama temporalis entsprechende Reliefs. Der Gyrus temporalis inferior liegt auf dem Tegmen tympani, der Gyrus temporalis sup. und medius liegen der Squama temporalis an.

Die hintere Schädelgrube, Fossa cranii posterior, liegt am tiefsten und ist am geräumigsten. Ihre obere Grenze wird gegeben vom Angulus superior pyramidis und dem Sulcus transversus. Vorn wird sie von der Facies posterior pyramidis, hinten seitlich und unten vom Os occipitale begrenzt. Sie wird durch das Tentorium cerebelli der harten Hirnhaut überspannt und enthält das Cerebellum. An der hinteren Fläche der Schläfenbeinpyramide sind aufzusuchen Porus acusticus int., Sulcus petrosus inferior, Foramen jugulare mit den Processus intrajugulares, je einer vom Os temporale und Os occipitale, der Sulcus sigmoideus mit seinem Emissarium, dem Foramen mastoideum. Beim Sulcus sigmoideus vergleichen wir die linke und rechte Seite, um zu sehen, ob er, wie es der Regel entspricht, rechts tiefer und weiter ist, oder ob es umgekehrt ist, was auch vorkommt. Seiner Tiefe und Größe entspricht der Durchmesser des Foramen jugulare. Wir beachten ferner, daß der letzte Teil des Sulcus im Gebiet des Os occipitale liegt. (Fig. 92.) Der Sulcus petrosus inferior liegt auf der Synchondrosis petrooccipitalis, eine Hälfte der Rinne gehört dem Schläfenbein, die andere dem Os occipitale an. Das Tuberculum jugulare vor- und medianwärts vom Foramen jugulare und der Canalis condyloideus (wenn vorhanden) sind unschwer zu finden. Der größte Teil des Bodens der hinteren Schädelgrube wird von dem ausgehöhlten unteren Teil der Squama occipitalis gebildet. An Nähten sind die Synchondrosis petrooccipitalis, die Sutura occipitomastoidea aufzusuchen.

Der mittlere Bezirk der Basis cranii interna beginnt vorn mit der Crista galli und den zu beiden Seiten gelegenen Laminae cribrosae des Siebbeins. Vor dem Hahnenkamm liegt das Foramen caecum. Durch die zahlreichen größeren und kleineren Löcher der Siebplatte gehen die Nervi olfactorii hindurch, umgeben von Lymphscheiden, welche Fortsetzungen der Lymphräume zwischen den Hirnhäuten sind. Das Foramen ethmoidale ant. führt die A., V., N. ethmoidalis ant. aus der Orbita auf die Siebplatte. Sie treten durch ein Loch der Siebplatte in die Nasenhöhle ein. Nach hinten von der Lamina cribrosa folgt die glatte, ebene Fläche zwischen den Alae parvae ossis sphenoidalis. Sie heißt Jugum sphenoidale, dann folgt der Sulcus chiasmatis, seitlich von ihm das Foramen opticum für N. opticus und A. ophthalmica, dann die Fossa hypophyseos und das Dorsum der Sella turcica. Die Processus clinoidei, und zwar der anterior an der Ala parva, der medius am Keilbeinkörper, der posterior am Dorsum sellae sind zu erwähnen. Sie können sämtlich oder zum Teil miteinander durch Knochenbrücken verbunden sein. An das Dorsum sellae schließt sich der Clivus, gebildet vom Os sphenoidale und Os occipitale, welche in der bei jugendlichen Individuen von Knorpel erfüllten, später verknöchernden Fissura sphenooccipitalis zusammenstoßen. Auf dem Clivus liegen der Pons (Varoli) mit der Arteria basilaris und die Medulla oblongata. Dann kommt das Foramen occipitale magnum, durch welches hindurchtreten die Medulla mit ihren Häuten und Gefäßen, die Arteriae vertebrales, spinales ant. und postt., die Nn. accessorii (Willisii) sowie Venen. Hinter dem Foramen occipitale magnum trennt die Crista occipitalis interna die linke und rechte hintere Schädelgrube voneinander. Ihr unteres Stück verbreitert sich und enthält eine flachere oder tiefere Grube für den Wurm des Kleinhirns, Fossa vermiana.

e) Form des Schädels. Figg. 171, 172.

Der Schädel, aus Cranium cerebrale und viscerale zusammengesetzt, stellt, was ersteres betrifft, im ganzen ein großes ovoides Hohlgebilde dar, an welchem in bestimmter Weise das Visceralskelet in Form eines unteren, im vorderen Gebiet mächtigeren Vorsprungs von dreiseitiger Profillinie angebracht ist. Diese Grundform des Schädels ist nach ihren verschiedenen Maßen genauer zu bestimmen.

Wenn auch die wesentliche Form des menschlichen Schädels bei allen Menschen wiederkehrt, so gibt es doch bedeutende Abweichungen. Nach dem Geschlecht, dem Alter, den Individuen, den Rassen und der Rassenvermischung, nach kleineren Abteilungen des Menschengeschlechtes sind ansehnliche Verschiedenheiten vorhanden.

Zwar kann schon der geübte Blick vieles von den vorhandenen Unterschieden erkennen; er muß sogar immer der erste sein, welcher die Untersuchung einleitet. Viele Verschiedenheiten unterliegen überhaupt nicht der Messung. Wenn z. B. eine besondere Naht ein Interparietale abgetrennt hat, so liegt eine wichtige Tatsache vor, welche nicht die Messung an die Hand gibt. Wenn der Hamulus lacrimalis auf die Gesichtsfläche herabsteigt, so liegt die Sache ebenso. Wenn ein knöchernes Ligamentum pterygospinosum vorkommt, ein besonderes Griffelbein, eine Naht im Jochbein, nicht minder. Allein es liegt doch auf der Hand, daß überall, wo ein Gebiet der Messung vorhanden ist, letztere auch stattzufinden hat, um das Unbestimmte in bestimmtes Maß umzusetzen, sei es an und für sich oder zur Gewinnung vergleichbarer Werte. Die zu untersuchenden Merkmale sind mit anderen Worten teils beschreibender, teils metrischer Art.

I. Beschreibung: Der Schädel bietet als körperliches Gebilde der Betrachtung sechs Oberflächen dar, welche als Normae bezeichnet werden. 1. Die Norma verticalis ist die Ansicht des Schädels von oben, 2. Norma basilaris die Ansicht von unten, 3. u. 4. Norma lateralis (dextra et sinistra) die Profilansicht, 5. Norma facialis die Ansicht von vorn, 6. Norma occipitalis die Ansicht von hinten her.

Zur Erlangung vergleichbarer Normae ist es jedoch notwendig, sich über eine bestimmte Stellung des Schädels im Raume zu einigen. Verschiedene Methoden sind zu diesem Zwecke vorgeschlagen und benutzt worden.

Die Mehrzahl der Kraniologen geht aus von der Einführung einer Horizontalen, d. i. einer Ebene, welche bei aufrechter Haltung des Kopfes durch einen vorderen und hinteren Schädelpunkt senkrecht zur Medianebene gelegt wird. Die „Frankfurter Verständigung“, d. h. das Ergebnis einer Zusammenkunft hervorragender Anthropologen in Frankfurt, verwendet eine Linie, welche vom Margo infraorbitalis zum oberen Rand des Porus acusticus externus verläuft. Der Schädel wird nun so gestellt, daß die Linien der linken und der rechten Seite in der Horizontalebene liegen.

Suturae

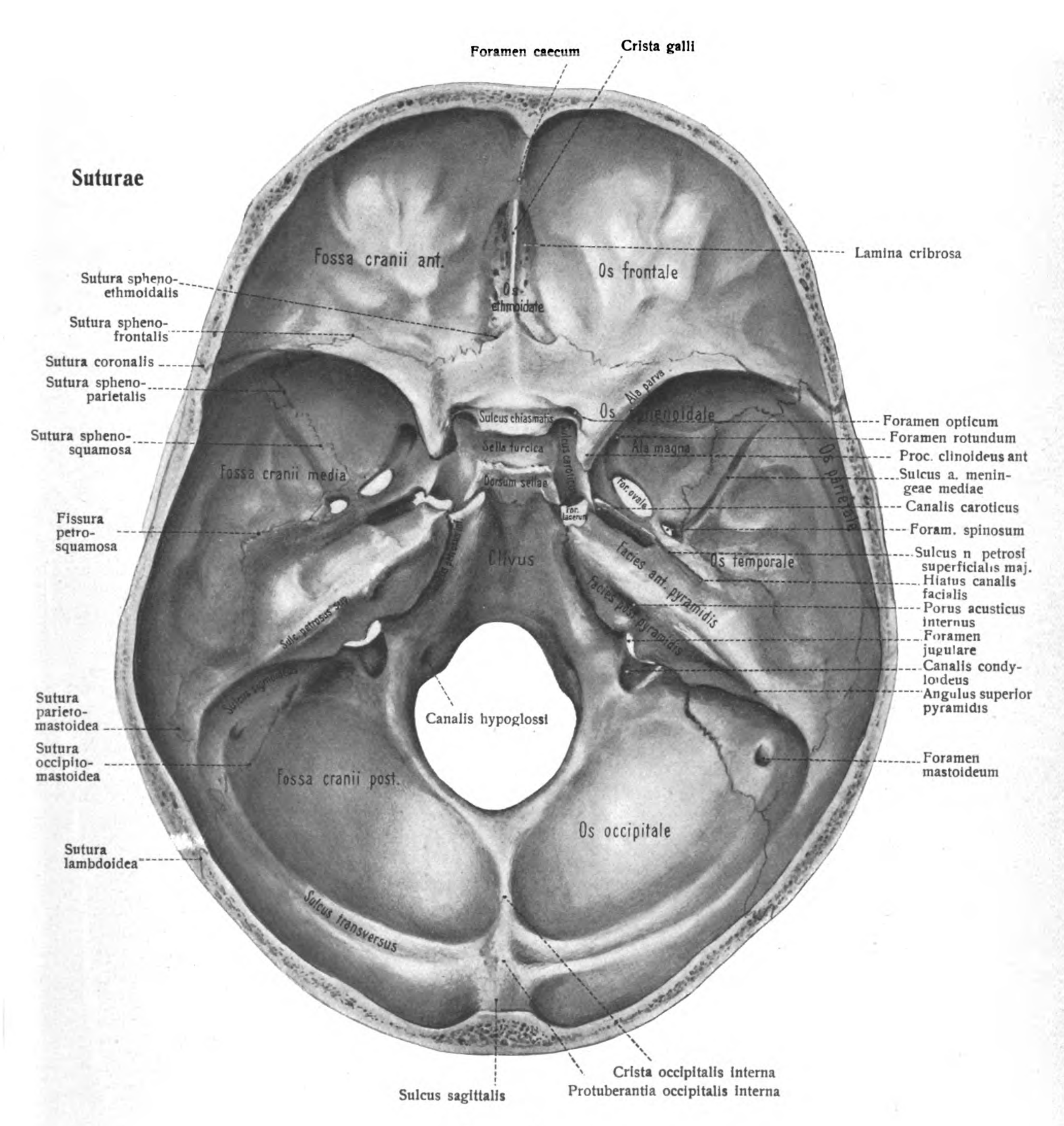


Fig. 168.
Innere Schädelbasis, Basis cranii interna (4/5).



Fig. 169. Schädel von La Chapelle aux Saints (1/2).
(Nach **Boule** aus Annales de Paléontologie T. VI. 1911.)



Fig. 170. Schädel des Homo Aurignacensis
(nach **Klaatsch**) (etwas weniger als 1/2).

Zur Erleichterung der Beschreibung und der Messung ist in die anthropologische Kraniometrie durch O. Broca und seine Nachfolger eine größere Anzahl neuer Namen eingeführt, zu kurzer Bezeichnung gewisser Punkte, von welchen hier eine Übersicht folgt:

Am Hirnschädel:

Basion und Opisthion: vorderer und hinterer Medianpunkt des Foramen occipitale magnum.

Inion: Protuberantia occipitalis externa.

Lambda: obere Spitze der Lambdanaht.

Obelion: Kreuzungspunkt der Pfeilnaht mit der Querlinie beider Foramina parietalia.

Bregma: Kreuzungspunkt der Kranz- und Pfeilnaht.

Metopion: Kreuzungspunkt der Stirnhöckerquerlinie mit der medianen Umfangslinie des Schädels.

Ophryon: Kreuzungspunkt des kleinsten Stirndurchmessers mit der medianen Umfangslinie.

Stephanion: Kreuzungspunkt der Kranznaht mit der Linea temporalis.

Pterion: Gegend der hinteren oberen Spitze des großen Keilbeinflügels.

Asterion: Hinteres Ende der Sutura parietomastoidea.

Am Gesichtsschädel:

Nasion: Kreuzungspunkt der Sutura nasofrontalis mit der Medianebene.

Unterer Nasenpunkt: Basis der Spina nasalis anterior.

Alveolarpunkt: Kreuzungspunkt des Zahnrandes des Oberkiefers mit der Medianebene.

Kinnpunkt: Kreuzungspunkt des Kinnrandes mit der Medianebene.

Dakryon: vordere obere Spitze des Tränenbeins.

Hinterer Tränenbeinpunkt: oberes Ende der Crista lacrimalis posterior.

Äußerer Orbitalpunkt: Kreuzungsstelle des Orbitalrandes mit der Sutura zygomaticofrontalis.

Hinterer Jochbeinwinkel: Winkel zwischen hinterem Jochbeinrand und oberem Rand des Jochbogens.

Jochbeinpunkt: Höckerchen der Außenfläche des Jochbeins.

Jochbein-Oberkieferpunkt: Unteres Ende der Sutura zygomaticomaxillaris.

Gonion: Angulus mandibulae.

II. Messung:

Die metrische Untersuchung des Schädels, zurzeit weit ausgebildet, wird Kraniometrie genannt.

Die kraniometrische Untersuchung bestimmt sowohl die Maße des Hirnschädels als auch diejenigen des Gesichtsschädels und die Verhältnisse beider.

Die verschiedenen Arten der Messung sind:

1. Lineare Messungen.
2. Bogen-Messungen.
3. Winkel-Messungen.
4. Flächen-Messungen.
5. Volumen-Messungen.
6. Gewichtsbestimmungen.

Von den linearen Maßen der Hirnkapsel sind die wichtigsten jene, welche von der Länge, Breite und Höhe Kenntnis geben. Die Art der Ausführung unterliegt jedoch sehr verschiedener Auffassung.

Den neueren Verfahren liegt zwar der Gedanke zugrunde, daß die Länge, Breite und Höhe des Hirnschädelovoides in drei aufeinander senkrechten Richtungen gemessen werden sollen, aber in welcher Weise das rechtwinklige Axensystem bei der Messung verwendet werden müsse, hierüber ist noch keine Einigung erzielt.

Die größte Länge des Hirnschädels wird gemessen von der Glabella bis zu dem am meisten vorspringenden Punkt in der Medianlinie des Os occipitale[1]).

Die größte Breite des Hirnschädels oberhalb des Porus acusticus ext. und an der Sutura squamosa.

Die Höhe vom Basion zum Bregma[2]).

---

[1]) Schmidt, E.; Anthropologische Methoden. Leipzig, 1888.

[2]) W. L. H. Duckworth, Morphologie und Anthropology. Cambridge, 1904.

Die wie oben gewonnene größte Schädellänge ist nicht das morphologische Längenmaß des Schädels, sondern letzteres ist eine winkelige Linie, welche von der Mitte des Vorderrandes des

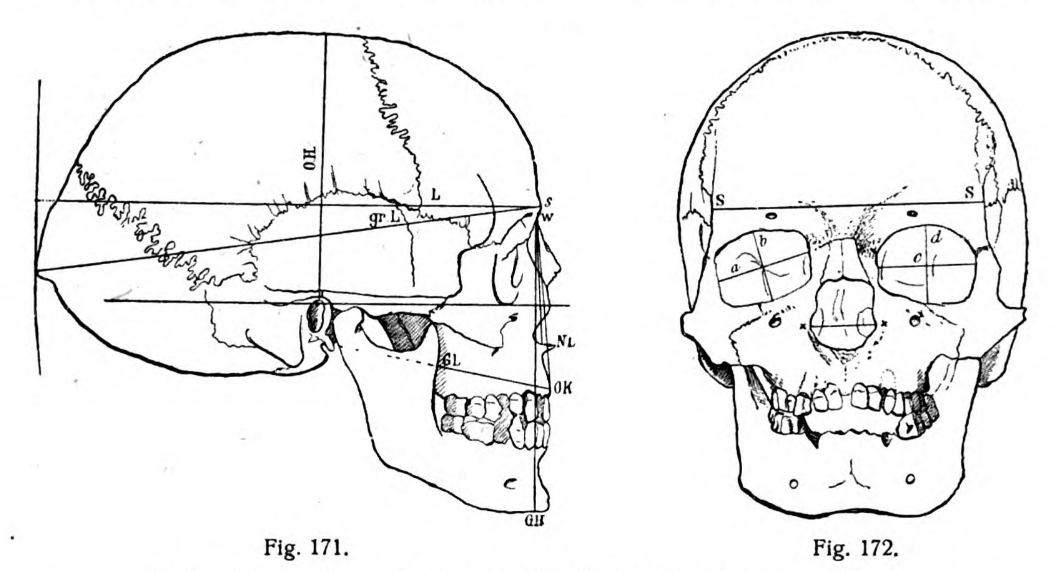


Fig. 171. Fig. 172.

Fig. 171. **Langschädel** in der Seitenansicht. (Nach J. Kollmann und E. Schmidt.)
L gerade Länge; *gr. L* größte Länge; *GH* Gesichtshöhe; *GL* Profillänge; *NL* Nasenhöhe; *OK* Oberkieferhöhe; *OH* Ohrhöhe; *s* Stirnnasenwulst; *w* Sutura nasofrontalis (Nasenwurzel).

Fig. 172. **Mesocephaler Schädel** in der Vorderansicht (Norma facialis).
a größte Breite des Augenhöhleneinganges; *b* Höhe desselben senkrecht auf *a*; *c* horizontale Orbitabreite; *d* die dazu gehörige senkrechte Höhe; XX größte Breite der Nasenöffnung; *SS* kleinste Stirnbreite.

großen Hinterhauptloches zum Dorsum sellae und von hier zum Foramen caecum zieht. Würde eine gerade Linie erwünscht sein, so wären beide Endpunkte mit einer Geraden zu verbinden. Für äußere Messungen müßte immer wieder der vordere Rand des großen Hinterhauptloches den Ausgang bilden; der vordere Endpunkt wäre das Nasion von Broca, d. h. die Mitte der Sutura nasofrontalis. Die starke Ausladung des Schädels hinter und über dem Foramen occipitale magnum ist nichts anderes als eine mächtige Ausweitung des neuralen Bogens,

Fig. 173.

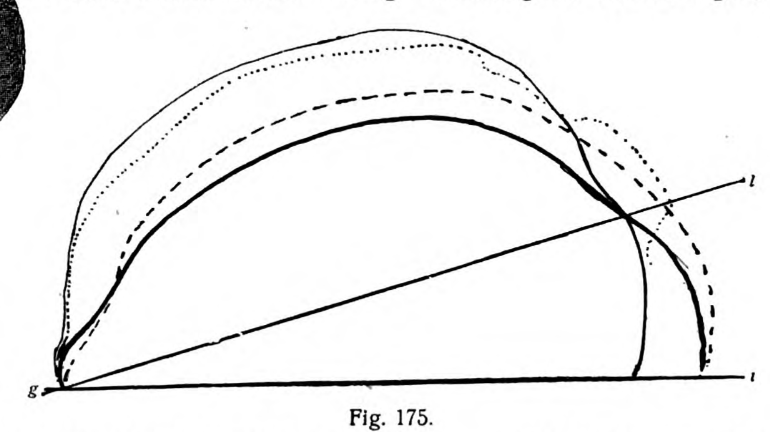


Fig. 174.

Fig. 175.

Fig. 175. **Profilkurven** der Schädel von Spy (I) ———; Neandertal --------; eines modernen Elsässers ———; von Egisheim ·········; *gi* Glabella-Inion-Linie; *gl* Glabella-Lambda-Linie. (Nach G. Schwalbe.)

Figg. 173 und 174. **Extreme Schädelformen** (nach Huxley.) Norma verticalis.)
Fig. 173. Schädel eines Bewohners der Tartarei. — Fig. 174. Schädel eines Neuseeländers.

welcher dem Arcus vertebrae entspricht; sie hat mit der morphologischen Länge des Schädels nichts zu tun.

Zur Ergänzung der durch die Messung der Länge, Breite und Höhe gewonnenen Werte dienen die Umfänge, welche gleichfalls in drei rechtwinklig aufeinanderstehenden Ebenen gemessen werden: so der Medianumfang, Horizontalumfang und Querumfang.

Die Messung hält sich aber nicht nur an die Untersuchung des ganzen Hirnschädels, sondern bestimmt auch seine einzelnen Knochen und Knochenkombinationen.

Wie am Neurocranium, so sind auch am Splanchnocranium und seinen einzelnen Gegenden zahlreiche Messungen ausgeführt worden, siehe darüber Figg. 171, 172.

Als Durchschnittswerte einiger Maße seien aufgeführt:

Äußere Maße.	Männer	Weiber
Längendurchmesser zwischen Glabella und Inion	20	18 cm
Querdurchmesser zwischen den Spitzen der Alae magnae	12	11
„ „ „ Tubera parietalia	16	14
Höhendurchmesser zwischen Foramen magnum und Scheitel	19,5	13
Höhe des Gesichts von der Nasenwurzel bis zum Kinn	12	11
Breite zwischen den Wangenbeinen	11	10
Länge der Schädelbasis, vom Basion bis zum Nasion	9—11	9—10
Orbitabreite	3,9	3,9
Orbitahöhe	3,3	3,4
Nasenbreite (Apertura piriformis)	2,5	
Nasenlänge (vom Nasion bis Spina)	5	
Unterkieferwinkel	115°	123°
Horizontaler Schädelumfang beim Neugeborenen	34	34
„ „ am Ende des ersten Jahres	42	47
„ „ im 10. Jahre	49	
„ „ beim Erwachsenen	51—52	
Längsumfang (Nasion bis Opisthion)	31	30
Bogenlänge des Stirnbeins	12,5	12
„ „ Scheitelbeins	12,5	11,9
„ „ Hinterhauptbeins	11,5	11,1
Länge des Hinterhauptloches	3,5—3,6	
Breite „ „	2,9—3,0	
Innere Maße.		
Längsdurchmesser (Foramen caecum bis Protuberantia occipitalis interna)	15	13,5 cm
Querdurchmesser (Suturae petrosquamosae)	11,5	11
Höhe	12,1	11,9

Indices.

Hat man die größte Länge, Breite und Höhe ermittelt, dann pflegt man der Vergleichung wegen die Länge = 100 zu setzen, die Breite und Höhe in Prozentzahlen anzugeben. Also Längenbreitenindex oder Breitenindex (L. Br. I) = $\frac{100\ B}{L}$.

Innerhalb der aus dieser Formel sich ergebenden Zahlenreihe unterscheidet man drei Gruppen: 1. eine langköpfige (dolichocephale), 2. mittelköpfige (mesocephale) und 3. kurzköpfige (brachycephale) Hauptgruppe der Schädel[1]).

Die Breitenindices der dolichocephalen Gruppe erstrecken sich von 55,5 bis 74,9; als Untergruppen erscheinen die extreme, Ultra-, Hyper- und einfache Dolichocephalie.

Die mesocephale Hauptgruppe hat Breitenindices von 75—79,9.
Die brachycephale „ „ „ „ 80—99,9.

Als Untergruppen der Brachycephalie erscheinen die einfache Brachycephalie, die Hyper-, Ultra- und extreme Brachycephalie.

---

[1]) Korrespondenzblatt d. deutschen Ges. f. Anthropologie usw. 1886. Nr. 3.

Bei extremer Dolichocephalie ist hiernach die größte Breite fast der halben Länge gleich, bei extremer Brachycephalie dagegen die größte Breite fast der ganzen Länge; so kolossal ist die Schwankung; man vergleiche die Vertikalnormen. (Figg. 173, 174.) Im allgemeinen ist der Längenbreitenindex des menschlichen Schädels 80.

Längenhöhenindex (Höhenindex) $= \frac{100\,H}{L}$.

Individuen mit einem L. H. I. über 70 sind Hypsicephalen,
" " " " von 70—75 " Orthocephalen,
" " " " unter 70 " Platycephalen (Chamäcephalen).

Ebenso gibt es Orbital-, Nasalindices usw.

Gleich den zwei verschiedenen Hauptformen des Hirnschädels, Dolichocephalie und Brachycephalie, kommen nach den Untersuchungen von Julius Kollmann auch zwei verschiedene Formen des Gesichtsskelets vor. Die eine Gesichtsform ist lang und schmal, die andere breit und kurz. Bei der leptoprosopen Gesichtsform sind die Augenhöhleneingänge hoch und rund, das Nasenskelet lang, mit schmaler Eingangsöffnung versehen und die Jochbögen angelegt. Bei der chamäprosopen Gesichtsform dagegen ist das Nasenskelet kurz und eingezogen, mit breiten Öffnungen versehen; die Öffnungen der Augenhöhle sind breit und niedrig, die Jochbögen weit ausgelegt.

In Europa lassen sich auf Grund der osteologischen Merkmale mindestens fünf verschiedene Varietäten nachweisen: dolichocephale Leptoprosopen, dolichocephale Chamäprosopen, brachycephale Leptoprosopen, brachycephale Chamäprosopen, mesocephale Chamäprosopen.

Von Winkelmessungen ist am bekanntesten die Bestimmung des „Gesichtswinkels". Er ist der Ausdruck vom Lageverhältnis des Gesichtsschädels zum Hirnschädel. Schon P. Camper hatte es unternommen, das stärkere oder geringere Vortreten des Gesichts unter und vor dem Hirnschädel durch Messung eines Winkels zum Ausdruck zu bringen. Der eine Schenkel oder die Gesichtslinie von Camper zieht vom Schluß der Zähne längs der Nasenbeine und der Stirn; der horizontale Schenkel längs des untersten Teils der Nase und des Gehörganges. In der Folge erfuhr diese Methode eine Reihe von Umgestaltungen. Die „Frankfurter Verständigung" wählt als eine der zu verwendenden Geraden ihre Horizontale, als anderen Schenkel eine Gerade, welche vom Nasion auf die Medianlinie des Alveolarfortsatzes des Oberkiefers gezogen wird.

Nach dem Camperschen oder einem anderen Gesichtswinkel unterscheidet man Orthognathie und Prognathie:

Orthognathie bei einem Gesichtswinkel von 80° und darüber.
Prognathie " " " unter 80° bis herab zu 65°.
Europäer haben einen durchschnittlichen Gesichtswinkel von 80°.
Neger " " " " " 70°.

Geht der Gesichtswinkel über ein Maß von 90° hinaus, so ergibt sich daraus eine Opisthognathie genannte Form.

Äußere und innere Flächenmessungen der ganzen Oberfläche der Hirnkapsel scheinen noch nicht ausgeführt zu sein, wohl aber sind Flächenmessungen einzelner Stücke der Oberfläche gemacht, auch ist das Flächenmaß des Medianschnitts der Hirnkapsel bestimmt.

Das Volumen des ganzen Hirnschädels läßt sich annähernd aus seinen drei Hauptdurchmessern ableiten, nach der empirischen Formel $\left(\frac{L+B+H}{3} \times \frac{11996}{15239}\right)^3 \times 1{,}089$ (E. Schmidt), wobei L = Länge, B = Breite, H = Höhe des Schädels ist.

Leichter auszuführen und wichtiger als die direkte Volumbestimmung der ganzen Kapsel ist die Volumbestimmung der Schädelhöhle oder die Messung der Schädelkapazität durch Einfüllung von Erbsen, Hirse, Schrotkugeln oder anderem Material.

Der Rauminhalt des Schädels beträgt für die mitteleuropäische Bevölkerung:

	Männer	Weiber
im Mittel	1500	1300 ccm
in oberer Grenze	1750	1550
in unterer Grenze	1250	1100
bei neugeborenen Knaben	385—450	
am Ende des 1. Lebensjahres	700—1000	
im 10. Lebensjahre	1300	



Bartels, P., Über Vergleichbarkeit kraniometrischer Reihen. Zeitschr. f. Ethnologie. 1903. — Derselbe, Untersuchungen und Experimente an 15000 menschlichen Schädeln über die Grundlagen und den Wert der anthropologischen Statistik. Zeitschr. f. Morphologie. 1904. — Bochenek, A., Kritisches über die neuen Kapazitätsbestimmungsmethoden. Zeitschr. f. Morph. u. Anthropol. II, 1900. — Holl, M., Über Gesichtsbildung. Mitteilungen der Anthropol. Gesellsch. in Wien. Bd. XXVIII (XVIII), 1898. — Derselbe, Der aurikular asymmetrische Hirnschädel. Mitteil. anthrop. Ges. Wien. 46. Bd. 1916. — Pfitzner, W., Der Einfluß des Lebensalters auf die anthropologischen Charaktere. Zeitschr. f. Morphol. u. Anthropol., Bd. I. 1899. — Derselbe, Sozial-anthropologische Studien, III. Der Einfluß der sozialen Schichtung (und der Konfession) auf die anthropologischen Charaktere. Zeitschr. f. Morphol. u. Anthropol. IV. 1901. — Rauber, A., Der Schädel von Kegel. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys. Bd. XXIII. 1906. — Derselbe, Der Schädel vom Johannesfriedhof. Ebenda Bd. XXIV. 1908. — Retzius, G., Crania suecica antiqua. Mit 92 Tafeln. Stockholm 1900. — H. v. Eggeling, Physiognomie und Schädel. Jena 1911.

f) Geschlechtsverschiedenheiten des Schädels. Figg. 176, 177.

Die Geschlechtsverschiedenheiten des Kopfes (vergl. Abt. I) prägen sich in hohem Grade auch am Schädel aus. Eine Reihe von Maßangaben ist in den vorher mitgeteilten Messungen enthalten. Doch ist noch folgendes zu bemerken. Der weibliche Schädel ist kleiner, leichter und steht dem kindlichen näher in seiner Form. Seine Höhe ist geringer, seine Breite beträchtlicher. Die Schädelbasis ist kürzer, der Gesichtsschädel kleiner und stärker orthognath. Da der Hirnschädel breit, der

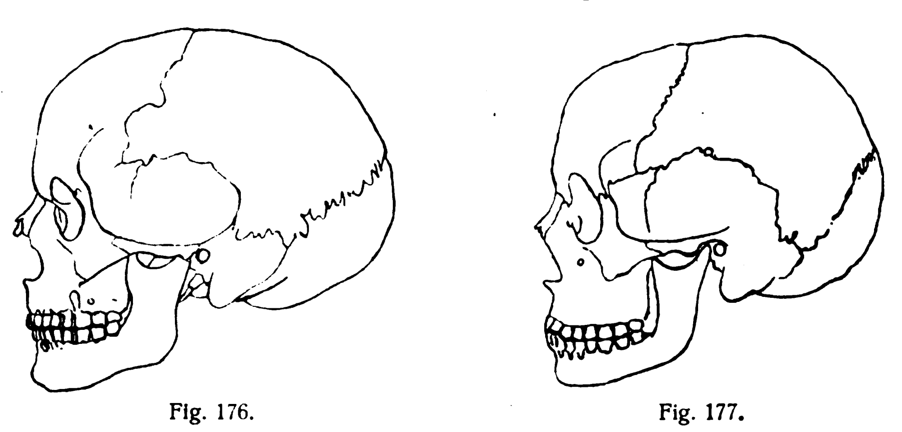


Fig. 176. Fig. 177.

Fig. 176. Umriß des männlichen Schädels.
Fig. 177. Umriß des weiblichen Schädels. (Nach Merkel.)

Gesichtsschädel schmal ist, so ist die Nasenwurzel breit, die Augenhöhle geräumig. Entsprechend der geringen Entfaltung des Respirationsapparates sind die Choanen niedriger und enger. Auch die Stirnhöhlen sind durchschnittlich kleiner. Wie Ecker hervorgehoben und Bartels bestätigt hat, ist die Profillinie des Schädelgewölbes in sehr bezeichnender Weise verschieden. Das zwischen den Tubera frontalia und parietalia gelegene Schädelgebiet nämlich ist beim weiblichen Schädel abgeflacht, beim männlichen gewölbt. Die Abflachung fällt unter rascher Biegung steil ab gegen die senkrechte Stirnlinie, in ähnlicher Weise gegen die Hinterhauptlinie. Die hintere Umbiegungsstelle hat daher relative Hochlage. Die genannten Tubera sind nicht die Ursache dieser Erscheinung; sie treten vielmehr sehr zurück gegenüber denjenigen des männlichen Schädels. Die Verschiedenheit der Hirnform ist vielmehr als veranlassendes Moment der starken frontalen und parietalen Umbiegung in Anspruch zu nehmen. Die besten Unterscheidungsmerkmale sind Profillinie sowie Stärke der Muskelursprünge und Ansätze. P. Bartels, Über Geschlechtsunterschiede am Schädel. Dissertation. Berlin 1897. — Martin, R., Lehrbuch d. Anthropologie 1914.

g) Altersverschiedenheiten des Schädels.

Die Maßverhältnisse des geburtsreifen Fetus sind so beschaffen, daß der Kopf unter allen Körperteilen den größten Horizontalumfang ($34^{1}/_{2}$ cm) hat und am wenigsten nachgiebig ist. Schon

der Kopf neugeborener Knaben ist etwas größer als der von Mädchen. Ihre Größe verdanken Kopf und Schädel des Neugeborenen der machtvollen Entfaltung des Gehirns, welches 14,34 Proz. des Gesamtgewichts ausmacht, während das Hirngewicht des Erwachsenen nur 2,37 Proz. des Gesamtgewichts beträgt. In dem gleichen Verhältnis sind die Sinnesorgane des Neugeborenen hoch ausgebildet.

Hieraus geht hervor, daß die Schädelform des Erwachsenen keineswegs ein vergrößertes Abbild des kindlichen Kopfes sein kann. Die anfangs im Wachstum zurückgebliebenen visceralen Gebilde des Kopfes nehmen allmählich einen größeren Raum ein, insbesondere im männlichen Geschlecht. Der Hirnschädel setzt unterdessen in bestimmter Weise sein Wachstum fort.

Die postembryonale Schädelentwicklung zeigt nach den Untersuchungen von F. Merkel zwei Wachstumsperioden. Die erste reicht von der Geburt bis etwa zum siebenten Jahr. Nun folgt ein völliger Stillstand der Teile bis zum Eintritt der geschlechtlichen Reife. Zu dieser Zeit tritt die zweite Wachstumsperiode ein, welche bis zur vollkommenen Ausbildung des Schädels dauert. Von der Geburt bis zum Ende des ersten Jahres ist das Wachstum fast ein gleichmäßiges. Vom zweiten bis zum fünften Jahr wölben sich die Hinterhaupt- und die Scheitelgegend. Die Schädelkapsel verbreitert sich zugleich in allen Teilen bedeutend, auch das Gesicht wächst in die Breite. Im sechsten und siebenten Jahr wachsen die Knochen des Schädeldaches nur unbedeutend, dagegen verlängert sich die ganze Schädelbasis. Damit steht eine stärkere Tiefenentwicklung des Gesichtsschädels in Zusammenhang, welcher auch an Länge zunimmt. Mit dem Ende der ersten Wachstumsperiode ist die Länge des Grundbeinkörpers, die Größe des Foramen magnum, die Breite zwischen beiden Processus pterygoidei vollendet. Auch das Felsenbein und die horizontale Platte des Siebbeins haben ihre Endgröße erreicht.

Die zweite, mit der Pubertät beginnende Wachstumsperiode bringt eine Verlängerung der Gesichtsbasis, eine kräftige Entwicklung des Stirnbeins, eine Vertiefung des Gesichtsschädels. Der ganze Schädel erfährt eine starke Verbreiterung in beiden Abteilungen. Der Jochbogen krümmt sich stärker, und der Gesichtsschädel verlängert sich bis seine Endform erreicht ist.

Nahtverschmelzung und Resorptionen.

Ist einmal die Endform des Schädels erreicht, so ist doch kein Stillstand vorhanden. Schon frühzeitig vielmehr greifen Vorgänge Platz, welche in ihrem weiteren Fortschreiten die Schädelform des Erwachsenen in die des Greises überführen. Schon nach dem zwanzigsten Jahre beginnen merkwürdigerweise manche Nähte des Schädels an Schärfe zu verlieren; die verbindenden Weichteile nehmen ab, die Knochen drängen sich näher aneinander, das Verstreichen der Nähte nimmt seinen Anfang. Am frühesten geschieht die Synostose an der Pfeilnaht, und zwar von der Glastafel aus und an verschiedenen Stellen; später folgen die anderen. Doch spielen die Individualität und das Geschlecht — bei (europäischen) Männern verwachsen die Nähte früher als bei Frauen — hier eine große Rolle. Selbst in hohem Alter können die Nähte noch vorhanden sein. Einen berühmten Fall, welcher den Schädel von Kant betrifft, beschrieb C. Kupffer; es waren alle Nähte des Schädels bei einem Alter von 82 Jahren noch aufs schönste erhalten.

Über die Zeit des Eintrittes der Nahtverknöcherung sind die Angaben verschieden. Nach Martin beginnt sie im 20.—30. Jahr in der Sutura sagittalis, im 30.—40. Jahr folgt die Sutura coronalis. Nach Lassila (Acta soc. med. fennicae „Duodecim" 1921) beginnt sie bei Lappen mit 20—40 Jahren, und zwar bei Männern früher als bei Weibern. In den folgenden Jahren scheint sie bei Weibern schneller fortzuschreiten, so daß sie bei ihnen trotz späteren Beginnes in kürzerer Zeit vor sich geht.

Außer der Nahtverschmelzung bilden, in umgekehrter Richtung arbeitend, Resorptionsvorgänge ein wichtiges Kennzeichen des senilen Schädels. Die Knochen werden dünner, brüchiger, es kommt sogar Abflachung des Schädelgewölbes und Verminderung des äußeren und inneren Volumen vor. Dünne Knochen können Lücken erhalten (Lamina papyracea). Die Zähne gehen verloren, die Alveolarfortsätze schwinden, der ganze Gesichtsschädel wird kleiner und gleichsam rudimentär. Der Gesichtsschädel gelangte später zu seiner vollen Entfaltung und verfällt früherem und zugleich stärkerem Schwunde als der Hirnschädel; die trophischen und respiratorischen Funktionen treten mehr und mehr zurück.

Nach Hauschilds mikroskopischen Untersuchungen sind die Vorbedingungen der Nahtverknöcherung 1. Nähe, 2. genügende Dicke der benachbarten Knochenränder, 3. Ausbildung von Gefäßen (Verhandl. anat. Ges. 1921).

h) Schädel des Vormenschen und des Urmenschen. Figg. 169, 170, 178.

Vom Vormenschen sind nur vorhanden ein Schädeldach und ein Oberschenkelbein, gefunden durch den holländischen Arzt Dubois in alt-diluvialer Schicht bei Trinil auf Java, sowie ein Unterkiefer, gefunden bei Mauer in der Nähe von Heidelberg.

Das Schädeldach von Trinil (Fig. 178) ist außerordentlich flach und besitzt stark vorspringende Augenbrauenwülste. Die Berechnung des Schädelinhaltes, welche auch an einem solchen Stück möglich ist, ergab 850—900 ccm, das ist weniger als bei den niedrigsten der jetzt lebenden Menschenrassen. Zu groß aber ist dieses Maß im Vergleich zur Schädelkapazität der Menschenaffen. Nun könnte angenommen werden, daß es sich um ein riesig großes Exemplar von Affen handele. Dem widerspricht jedoch die geringe Größe des Oberschenkelbeins und die schwache Ausbildung der Schläfenlinien.

Aus diesen und manchen anderen Gründen erscheint es gerechtfertigt, dem Wesen, welchem die genannten Skeletteile angehörten, eine Mittelstellung zwischen Mensch und Menschenaffen anzuweisen und es zu bezeichnen als Pithekanthropus mit der Eigenschaft erectus, weil die Gestalt des Oberschenkelbeins den aufrechten Gang dieses Wesens beweist.

Der Unterkiefer von Mauer, älter als der Pithekanthropus, stammt vielleicht noch aus dem Pliocän. Es ist ein ungefüger Knochen mit negativem Kinn, massigem Körper, außerordentlich breitem Ramus mit flacher Incisur. Die Zähne dieses Kiefers aber sind typisch menschlicher Art.



Fig. 178.

Schädeldach von Trinil (Pithekanthropus erectus Dubois) von der rechten Seite. 1 : 2. (E. Dubois, 1896.)

Vom Urmenschen sind in diluvialen Lagerstätten Europas drei verschiedene Typen bekannt geworden:

1. Die Neanderthalrasse (Homo primigenius von Schwalbe) ist wohl die älteste und steht dem Vormenschen näher als dem heute lebenden Europäer.
2. Der höher stehende Homo Aurignacensis von Klaatsch.
3. Die aus einer Mischung der beiden ersten hervorgegangene Cromagnonrasse, welche vielleicht die Stammform des heutigen Europäers ist.

Das erste Exemplar der Neanderthalrasse wurde 1856 in einer Grotte des Neanderthals bei Düsseldorf gefunden.

Schädel und Skeletteile derselben Rasse sind an zahlreichen anderen Stätten zu Tage gekommen. (Die Hauptorte sind: Spy in Belgien 1885, Krapina in Kroatien 1905, Le Moustier und La Chapelle-aux-Saints in Südfrankreich 1908.)

Die Hauptmerkmale des Schädels dieser Rasse, von der als Beispiel der Schädel von Chapelle-aux-Saints in Fig. 169 abgebildet ist, sind: Auffallend niedriges Schädeldach, fliehende Stirn, mächtige Augenbrauenwülste, große weite Augenhöhlen, fast kreisrunde knöcherne Nasenöffnung, kinnloser massiger Unterkiefer.

Die Kapazität des Neanderthalschädels ist auf 1240 ccm berechnet worden.

Der Schädel des Aurignacmenschen (Fig. 170) zeigt nicht die charakteristischen Merkmale der Neanderthalrasse. Er ist stärker gewölbt, ohne Augenbrauenwülste, das Kinn springt zwar nicht vor, ist aber nicht negativ, die Augenhöhlen sind kleiner, die Apertura piriformis ist länglich.

Ramström (Upsala Läkareförenings förh., N. F. 26. Bd. 1921) hält das Schädeldach des Trinil-Fundes für das eines ungewöhnlich großen Schimpansen, das Femur dagegen ist ganz menschlich und steht dem des Aurignac-Menschen nahe.

G. Schwalbe, Zur Frage der Abstammung des Menschen. Zeitschr. Morph. Anthrop. 1906. — Klaatsch, Die Fortschritte der Lehre von der Neanderthal-Rasse. Merkel u. Bonnet, Ergebnisse. 17. Bd. 1907. — Derselbe, Die neuesten Ergebnisse der Palaeontologie des Menschen etc. Zeitschr. Ethnologie 1909. — Derselbe, Homo Aurignacensis Hauseri etc. Prähistorische Zeitschrift. 1910. — Sobotta, Die neuesten Ergebnisse der Palaeontologie des Menschen etc. Verh. Phys. med. Ges. Würzburg 1911.

i) Säugetierschädel. Figg. 179, 180.

In früher Entwicklungszeit sind die Köpfe der Säugetiere einander sehr viel ähnlicher als späterhin. Noch zur Zeit der Geburt sind die Köpfe junger Anthropoiden dem Kopf menschlicher Neugeborener ähnlicher als zur Zeit der Reife, nach erlangter Endform.

Beim Menschen hat das Gehirn immer mehr an beherrschender Stellung gewonnen. Der Visceralapparat des Kopfes dagegen mit seinen Zähnen, Knochen und Muskeln bleibt in bescheidenen Grenzen. Die Leistungen des Kopfes werden vorwiegend innere.

In entgegengesetzter Richtung bewegt sich das weitere Wachstum des Schädels der Säugetiere, auch der Anthropoiden. Ein riesiges Gebiß, entsprechende Kiefer und gewaltige, fast den ganzen Schädel umlagernde Kiefermuskeln, also ein starker Visceralapparat ist das eine Merkmal

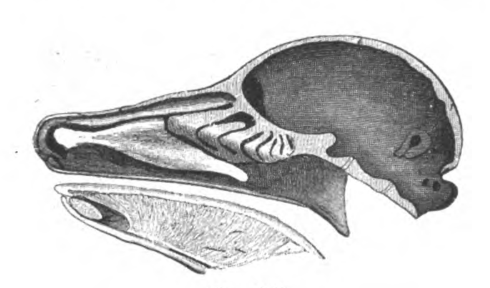


Fig. 179.

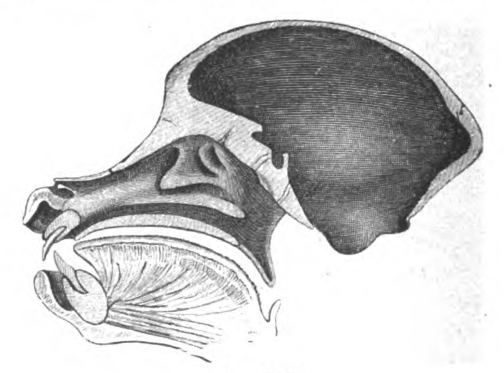


Fig. 180.

Figg. 179 und 180. **Medianschnitte durch den Kopf von Cervus capreolus und Kynokephalus.** (Nach Wiedersheim.)

des Anthropoidenkopfes; das andere aber ist ein frühes Zurückbleiben des Gehirns und der Hirnkapsel, welche äußerlich große Kämme als Ursprungsflächen der Muskeln entwickelt.

Eine merkwürdige Erscheinung anderer Art ist folgende. Bei vielen Säugetieren kommen am Schädel eine größere Zahl von Knochen vor als bei den erwachsenen Primaten und beim Menschen. Bei ersteren bleiben diese Knochen als selbständige Gebilde bestehen, bei letzteren verwachsen sie mit anderen Knochen zu Knochenkomplexen. Ein großer Teil der Schädelknochen der Primaten und des Menschen stellt nicht einfache Knochen, sondern Knochenkomplexe dar.

3. Das Gliedmaßenskelet.

a) Skelet der oberen Extremität, Ossa extremitatis superioris.

Das Skelet der oberen Extremität besteht aus zwei Abteilungen: dem Schultergürtel, Cingulum extremitatis superioris, und dem Skelet der freien oberen Extremität, Skeleton extremitatis superioris liberae.

Der Schultergürtel besteht jederseits aus zwei Knochen, Schulterblatt und Schlüsselbein; das Skelet des freien Teils besteht aus dem Oberarmbein, den Unter- oder Vorderarmknochen und dem Handskelet mit seinen drei Hauptabteilungen: Handwurzel-, Mittelhand- und Fingerknochen, mit zusammen siebenundzwanzig Knochen und einigen Sesambeinen.

α. Der Schultergürtel, Cingulum extremitatis superioris. Fig. 25.

Der Schultergürtel umgreift den größeren Teil des Thoraxumfanges. Im vorderen und hinteren Mediangebiet bleibt ein Stück des Brustkorbes nicht umfaßt. Der Schultergürtel besteht je aus einem breiten hinteren und aus einem spangenförmigen vorderen Stück. Das hintere Stück, das Schulterblatt, liegt in der Höhe der zweiten bis siebenten Rippe dem hinteren Gebiet des Thorax so auf, daß Muskeln sich zwischen beide einschieben und Muskeln seine Außenfläche bedecken; eine oberflächlichere Lage hat der vordere Abschnitt, das Schlüsselbein, welches gelenkig mit dem Brustbein und ebenso mit dem Schulterblatt verbunden ist. Bringt man die Form des Schultergürtels auf den kürzesten Ausdruck, so besteht er jederseits aus einem Halbbogen, welcher eine breitere hintere und eine schmale vordere Hälfte besitzt. Mit seiner Konkavität liegt er dem Brustkorb an; sein vorderes Ende ist am Brustkorb eingelenkt. An der Verbindungsstelle der hinteren und vorderen Hälfte ist die Extremität aufgehängt.

1. Das Schulterblatt, Scapula. Figg. 181—183, 264.

Das Schulterblatt ist ein platter, dreiseitiger Knochen. Er hat drei Ränder, Margo vertebralis, axillaris, superior und drei Winkel, Angulus inferior, medialis, lateralis.

Die vordere Fläche, Facies costalis, ist flach ausgehöhlt zur Fossa subscapularis. Einige gegen den Angulus lat. gerichtete Leisten, Lineae musculares, durchziehen sie.

Sie sind durch den Ursprung des M. subscapularis bedingt, welcher von dem größten Teil der vorderen Fläche entspringt; am medialen und am unteren Winkel liegt je eine kleine Fläche, welche nebst dem ganzen Margo vertebralis dem M. serratus anterior zum Ansatz dient.

Die hintere Fläche, Facies dorsalis, wird durch die Schultergräte, Spina scapulae, in die obere kleine Obergrätengrube, Fossa supraspinata, und die untere größere Untergrätengrube, Fossa infraspinata, geteilt.

Letztere besitzt wieder eine Anzahl von Leisten zum Ursprung von Bündeln des M. infraspinatus, außerdem entspringen nahe dem Margo axillaris der M. teres minor und M. teres major. In der Fossa supraspinata entspringt der M. supraspinatus.

Die Schultergräte oder der Schulterkamm, Spina scapulae, liegt gegenüber dem dritten Brustwirbel, beginnt mit einem dreieckigen Feld, Basis spinae, nimmt lateral an Höhe zu und endet mit einem plattgedrückten mächtigen Fortsatz, der Schulterhöhe, Acromion, welche das Schultergelenk hinten und oben deckt. Nahe dem lateralen Ende ihres oberen Randes liegt eine ovale Gelenkfläche zur Verbindung mit dem Schlüsselbein, Facies articularis acromii. Die Ursprungslinie der Spina scapulae erstreckt sich von der Basis spinae bis zum Collum scapulae.

Am Angulus lateralis befindet sich die Gelenkpfanne, Cavitas glenoidalis, für den Kopf des Oberarmbeins. Sie ist leicht konkav, birnförmig und stößt mit ihrem oberen schmalen Teil an einen Vorsprung, Tuberositas supraglenoidalis, für den Ursprung der Sehne des langen Bicepskopfes. Unterhalb der Pfanne befindet sich am Margo axillaris die Tuberositas infraglenoidalis für einen Teil der Sehne des Caput longum vom M. triceps brachii. Medianwärts von der Pfanne befindet sich der Schulterblatthals, Collum scapulae.

Fast senkrecht vom oberen Rand des Knochens erhebt sich über die Cavitas glenoidalis der starke abgeplattete Rabenschnabelfortsatz, Processus coracoideus, biegt aber bald rechtwinklig lateral-vorwärts ab, um abgerundet zu endigen. Er dient zum Ansatz und Ursprung von Muskeln (M. pectoralis minor, coracobrachialis, kurzer Kopf des Biceps) und Bändern, schützt aber zugleich das

Gelenk vorn oben, wie es das Akromion hinten oben tut. Die Flächen beider stehen etwa im rechten Winkel zueinander.

Das Akromion überragt die Gelenkfläche lateral mit 4, der Processus coracoideus um 2 cm.

Der obere Rand des Knochens, Margo sup., ist der kürzeste und besitzt an der Basis des Processus coracoideus einen Einschnitt, Incisura scapulae, welcher in seltenen Fällen zu einem Loch umgewandelt wird. Der äußere Rand, Margo axillaris genannt, der oben die Tuberositas infraglenoidalis trägt, ist der zweitlängste. Der mediale Rand, Margo vertebralis, ist der längste und heißt auch Basis scapulae.

2. Das Schlüsselbein, Clavicula. Figg. 184, 185, 265.

Das Schlüsselbein[1]) erstreckt sich von der Incisura clavicularis des Brustbeins bis zum Akromion, ist S-förmig gebogen und hat beim Erwachsenen eine Länge von 12—15 cm. Die mediale Konvexität nimmt zwei Drittel der Länge in Anspruch und ist nach vorn, die laterale nach hinten gerichtet.

Das Brustbeinende, Extremitas sternalis, ist verdickt, das Schulterblattende, Extremitas acromialis, ist platt und breit, das Mittelstück ist schmächtiger, aber kräftig und entspricht dem Schaft eines Röhrenknochens.

Der Schaft hat eine obere und untere Fläche, einen vorderen und hinteren Rand; so verhält es sich auch mit der Extremitas acromialis. An der Extremitas sternalis dagegen geht die hintere Fläche in den hinteren Rand des Schaftes, die vordere Fläche in den vorderen Rand des Schaftes über. Die Gelenkfläche der Extremitas sternalis, Facies articularis sternalis, ist konkav-konvex, von fast dreiseitiger Form. Die Facies articularis acromialis ist oval, aber ebenfalls am äußersten Ende des Knochens gelegen und vertikal gestellt.

Die untere Fläche zeigt eine flache Furche, Sulcus subclavius, für den Ansatz des M. subclavius. Hier liegt auch ein ansehnliches Foramen nutricium. Medial folgt die starke Tuberositas costalis für den Ansatz des Ligamentum costoclaviculare. Lateral liegt die ausgedehnte Tuberositas coracoidea für die Ligamenta coracoclavicularia.

Gegenbaur, C., Clavicula und Cleithrum; Morpholog. Jahrb. Bd. 23, 1895. Zweierlei Gebilde trugen den gleichen Namen. G. nennt daher den bei Fischen bisher als Clavicula geltenden Knochen Cleithrum und beläßt die Clavicula pentadaktyler Wirbeltiere in ihrem alterworbenen Namensrecht. Die Verschiedenheit des Geschickes, welches Cleithrum und Clavicula bei ihrem Gang durch den Vertebratenstamm erfahren, ist schon beim ersten Auftreten bestimmt. Die selbständigere Ausbildung des primären Schultergürtels, welche bei den Stegocephalen beginnt, befreit ihn im weiteren Fortschritt jenseits derselben vom Cleithrum, welches damit seine Bedeutung verliert und schwindet. Dagegen erlangt die Clavicula jetzt eine dauernde Bedeutung und erhält sich von rezenten Amphibien (Anuren) an durch die Reihe der Amnioten, bei welchen jede der größeren Abteilungen sie in manchen neuen Beziehungen besitzt.

Kongenitaler Schlüsselbeindefekt (in der Regel doppelseitig) ist nicht selten mit anderen Anomalien des Skelets verbunden. Häufig ist die Kombination mit Anomalien in der Ossifikation des Schädels (in 13 von 22 Fällen). In mehreren Fällen scheint erbliche Übertragung vorhanden gewesen zu sein. Zur Erklärung erinnert J. W. Hultkranz an den Umstand, daß die beiderlei Ossifikationen (Schädeldach und Schlüsselbein) im zweiten Fetalmonat beginnen. (Anat. Anz. XV. 1899.)

Die Clavicula ist der zuerst verknöchernde Skeletteil. Das Mittelstück entsteht, wie Gegenbaur (Lehrbuch d. menschl. Anat. 7. Aufl. 1899) es darstellt, und ich für den Menschen (vgl. Fig. 10) bestätigen kann, aus bindegewebiger Verknöcherung. Es ist nicht knorplig präformiert. Anders ist

[1]) Die Clavicula hat ihren Namen von einem Stab, der, Clavis genannt, bei den Römern zur Bewegung eines als Spielzeug dienenden Reifens verwendet wurde (Hyrtl).

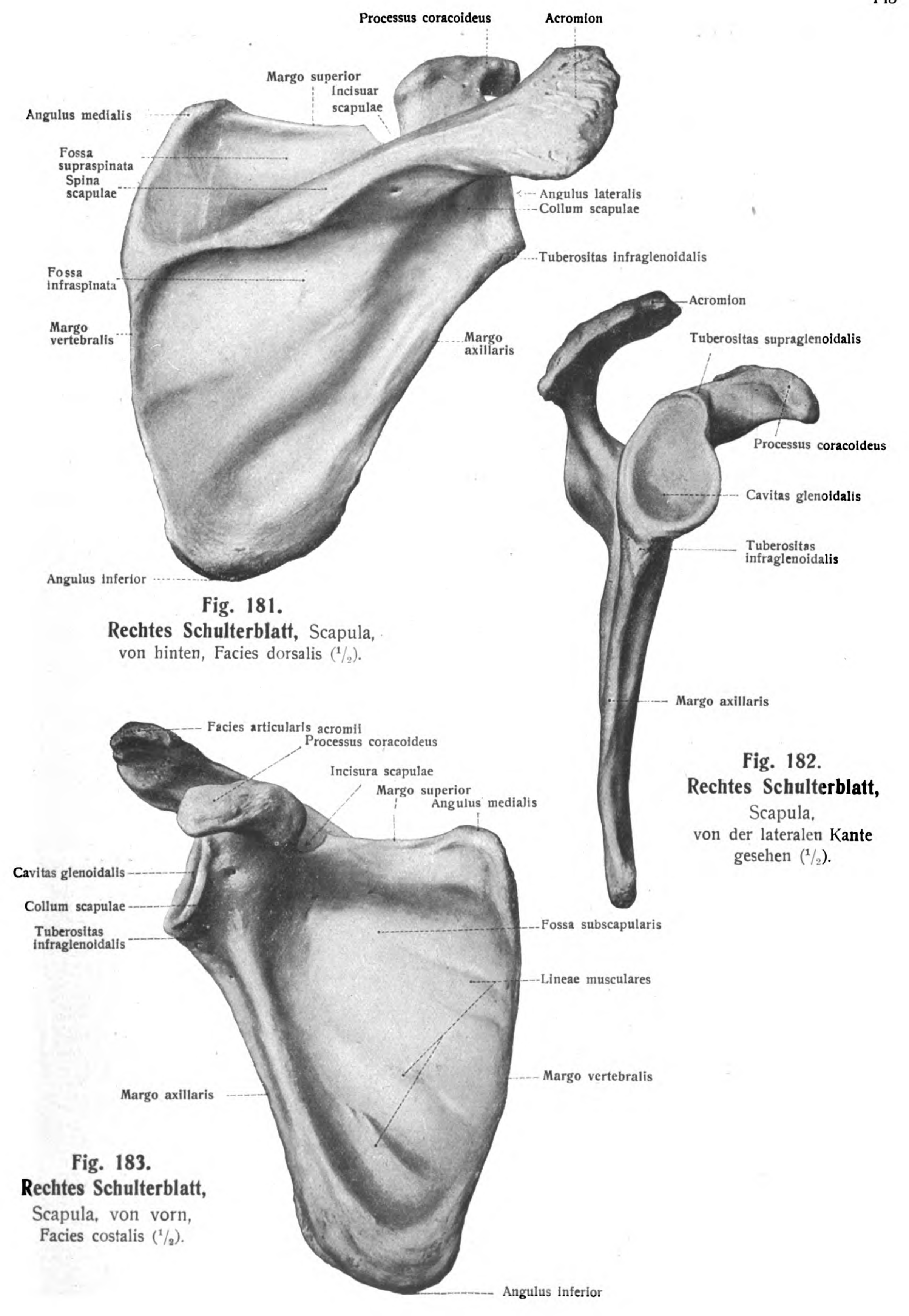
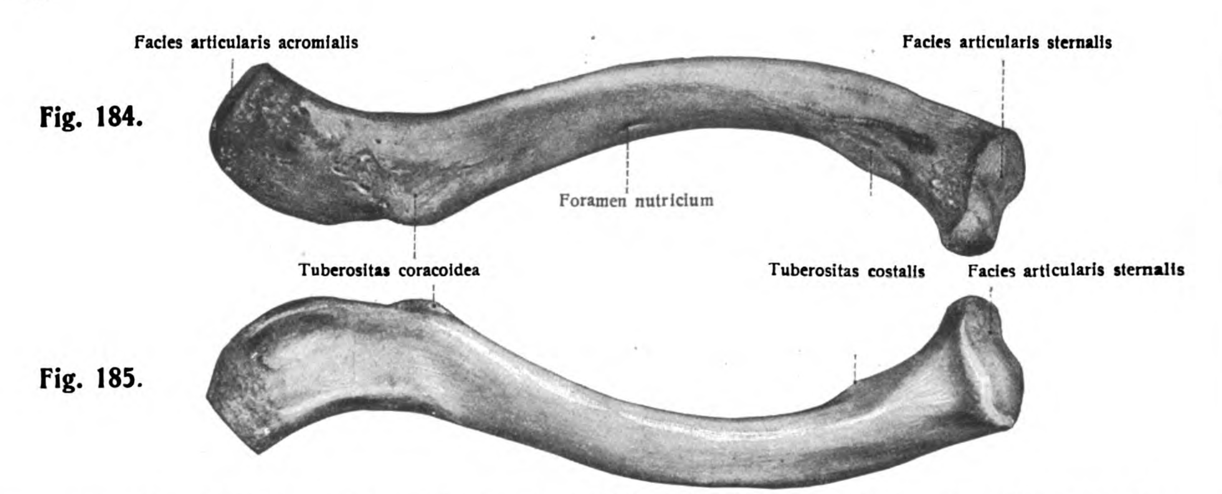


Fig. 181.
Rechtes Schulterblatt, Scapula,
von hinten, Facies dorsalis (1/2).

Fig. 182.
Rechtes Schulterblatt,
Scapula,
von der lateralen Kante
gesehen (1/2).

Fig. 183.
Rechtes Schulterblatt,
Scapula, von vorn,
Facies costalis (1/2).



Figg. 184, 185. **Rechtes Schlüsselbein,** Clavicula (1/5). Fig. 184, von unten. Fig. 185, von oben.

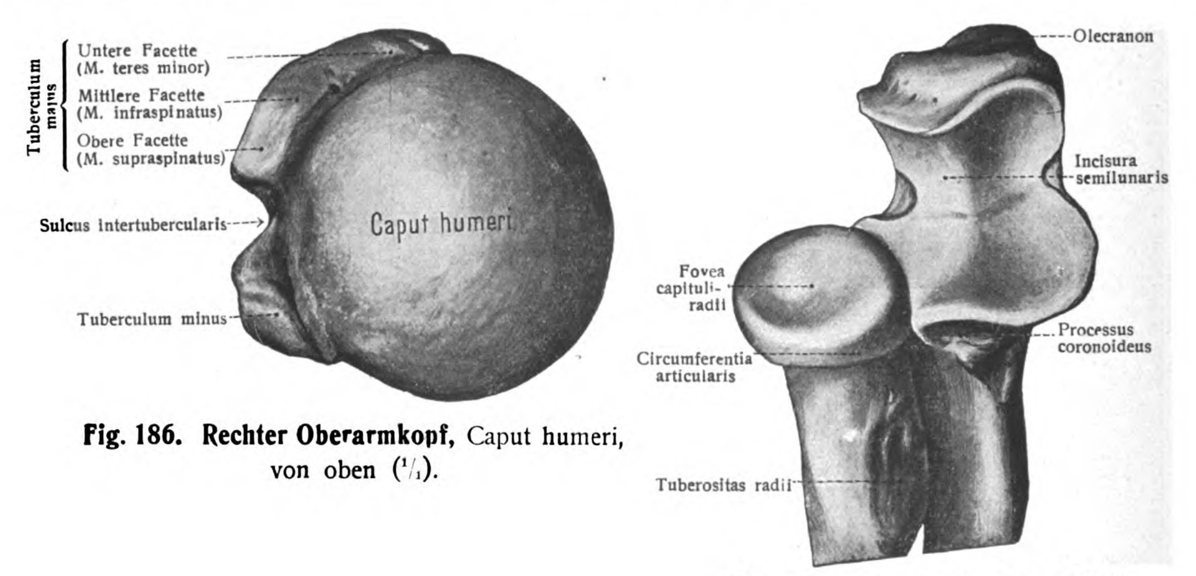


Fig. 186. Rechter Oberarmkopf, Caput humeri, von oben (1/1).

Fig. 188. Proximale Gelenkflächen der rechten Ulna und des rechten Radius.

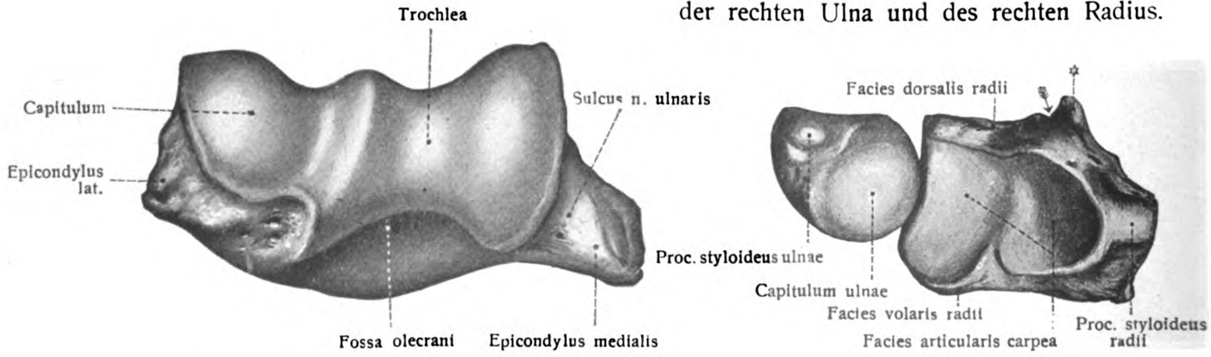


Fig. 187. Distales Ende des Oberarmbeins, (rechts), von unten und hinten (1/1).

Fig. 189. Distale Gelenkflächen der rechten Ulna und des rechten Radius.

* Leiste zum Zurückhalten des M. extensor pollicis longus, dessen Sehne in der durch den Pfeil bezeichneten Rinne liegt.

es mit dem sternalen und akromialen Ende (s. auch Kulczycki, Anat. Anz. 1901 und Fuchs, Zeitschr. Morph. Anthrop. 1921. Sonderheft. II.).

Die vergleichende Anatomie weist nach, daß der Schultergürtel der Säugetiere, in Form einer Verbindung von Scapula und Clavicula, als ein sekundärer aufgefaßt werden muß. Der primäre Schultergürtel der Säugetiere ist in der Scapula im engeren Sinne und in dem Processus coracoideus gegeben, welcher den ventralen Teil des primären Schultergürtels darstellt, während die Scapula im engeren Sinn den dorsalen Teil und überhaupt den Hauptknochen des Schultergürtels ausmacht. Beide gehen aus einer einheitlichen Knorpelanlage hervor. Nur bei den Monotremen bestehen noch ursprüngliche Verhältnisse. Ihr Coracoid erstreckt sich bis zum Sternum und stellt so die Verbindung mit dem Stamm her. Bei allen übrigen erfährt das Coracoid eine verschieden weitgehende Rückbildung. Die Clavicula ist bei Säugetieren, deren vordere Extremität sich durch freie Beweglichkeit auszeichnet, stark ausgebildet. Bei anderen, z. B. Karnivoren und Ungulaten, kann sie ganz fehlen oder rudimentär sein. Sie gewinnt erst mit der Reduktion des Coracoid größere Bedeutung.

β. Das Skelet der freien oberen Extremität, Sceleton extremitatis superioris liberae.

1. Das Oberarmbein, Humerus. Figg. 186, 187, 190, 191, 266.

Das Oberarmbein ist ein Röhrenknochen; man unterscheidet an ihm ein Mittelstück (Schaft, Diaphyse) und zwei verdickte Endstücke (proximale und distale Epiphyse).

Das proximale Endstück trägt an der medialen Seite den fast halbkugeligen Gelenkkopf, Caput humeri, welcher durch eine ringförmige Furche, Collum anatomicum, vom übrigen Knochen oberflächlich geschieden wird. Lateral vom Kopf liegt ein starker Vorsprung, Tuberculum majus; vor letzterem, durch eine tiefe Längsfurche getrennt, das Tuberculum minus.

An jedem Tuberculum sind eine seitliche rauhe und eine obere glatte Fläche zu unterscheiden. Die obere glatte Fläche des Tuberculum majus zeigt drei Felder, ein oberes, mittleres und unteres, zum Ansatz der Mm. supraspinatus, infraspinatus, teres minor; diejenige des Tuberculum minus hat nur ein solches Feld zum Ansatz des M. subscapularis. Zwischen den Tubercula verläuft eine Furche, Sulcus intertubercularis; in ihr zieht die Sehne des langen Bicepskopfes. Der distal von den Tubercula gelegene Teil des Knochens heißt Collum chirurgicum. Von jedem Tuberculum zieht eine Leiste zum Schaft des Knochens, Crista tuberculi majoris und Crista tuberculi minoris; an erstere setzt der M. pectoralis major, an letztere der M. latissimus dorsi und der M. teres major an.

Der Schaft des Humerus, Corpus humeri, ist proximal nahezu zylindrisch, distal dreiseitig. Ungefähr in der Mitte des Schaftes befindet sich auf der lateralen Seite die große Tuberositas deltoidea für den Ansatz des M. deltoideus. Lateral und distal von letzterer liegt eine flache Furche, welche spiralig von hinten gegen die laterale Fläche zieht und bald verstreicht, Sulcus nervi radialis. Auf der medialen Seite führt ein großes Foramen nutricium in den distalwärts verlaufenden Kanal.

Das distale, dreiseitig prismatische Endstück des Schaftes hat drei Kanten, Margo medialis, lateralis, ant., und drei Flächen, Facies anterior medialis, Facies ant. lateralis, Facies posterior. Am distalen Stück befinden sich zwei Gelenkhöcker, lateral das Capitulum humeri, medial eine Rolle, Trochlea humeri, zwischen denen eine Furche verläuft. Die Trochlea besitzt nahe der Mitte eine Führungsrinne.

Oberhalb der Trochlea befindet sich vorn eine ansehnliche Vertiefung, Fossa coronoidea, welche den Processus coronoideus ulnae bei starker Beugung des Arms aufnimmt. Oberhalb des Capitulum liegt ebenfalls vorn die schwache Fossa radialis. Auf der hinteren Seite ist die tiefe und breite Fossa olecrani sichtbar, in welche bei der Streckung des Arms das Olecranon ulnae sich einlegt. Der Grund der Fossa olecrani kommt der Fossa coronoidea sehr nahe; es kann ein Loch hier sein (Foramen supratrochleare).

An beiden Seiten des Gelenkteils ragen Höcker hervor, ein starker, zugleich etwas nach hinten gerichteter medialer, und ein weit schwächerer lateraler: Epicondylus medialis (ulnaris) und lateralis (radialis). Proximalwärts setzen sich die Epikondylen in die schon erwähnte mediale und laterale Kante des Schaftes fort. Auf der hinteren Fläche des Epicondylus med. befindet sich eine tiefe Furche, Sulcus nervi ulnaris, zur Aufnahme des N. ulnaris. Sie kann mit dem in ihr liegenden Nerven am Lebenden leicht gefühlt werden.

In manchen Fällen findet man proximal vom Epicondylus medialis einen Fortsatz, Processus entepicondyloideus (früher supracondyloideus). Von ihm zieht ein Bandstreifen zum Epicondylus, welcher dem M. pronator teres zum Ursprung dient. Hinter dem Fortsatz zieht der größte Nerv der Extremität, N. medianus, nach vorn. Ein entsprechendes Foramen entepicondyloideum humeri ist bei vielen Tieren konstant, so z. B. der Katze.

In dem Lauf der Kanten prägt sich eine Torsion des Humerus um seine Längsaxe aus, derart, daß das distale Endstück gegen das proximale um 180°, im Mittel 168°, gedreht ist, und die ursprünglich vordere Fläche des distalen Endes jetzt die hintere bildet und der ehemals außen gelagerte Condylus innen, medial, zu liegen kommt.

2. Die Speiche, Radius. Figg. 188, 189, 192, 193, 195, 268.

Die Speiche oder Spindel ist der obere (kraniale) der beiden Unterarmknochen, wenn die Beugefläche der Extremität median- oder ventralwärts und der Arm bei aufrechter Körperhaltung in sagittale Richtung gebracht wird. Wird die Beugefläche bei herabhängendem Arm nach vorn rotiert, so ist der Radius der laterale Knochen. Beide Lagen haben ihre Berechtigung; erstere entspricht der ursprünglicheren, letztere ist die für die Untersuchung bequemere. Man darf letztere für die Darstellung selbst noch aus einem anderen Grunde wählen; denn abduziert man bei derselben Haltung der Beugefläche den Arm um 90°, so übertrifft letztere Lage die erstere noch an Ursprünglichkeit. Die Ausdrücke vordere, ventrale und Beugefläche bezeichnen sämtlich dieselbe Fläche; ebenso hintere, dorsale und Streckfläche die entgegengesetzte Fläche.

Das proximale Gelenkende, Capitulum, bildet mit seiner oberen vertieften Gelenkfläche, Fovea capituli radii, die Pfanne für das Capitulum humeri; eine seitliche Gelenkfläche, Circumferentia articularis radii, welche ulnar höher ist, bildet die Drehfläche für die Bewegungen des Radius in der Incisura radialis ulnae und dem Lig. anulare radii. Das Köpfchen wird von einer eingeschnürten zylindrischen Abteilung, Collum radii, getragen.

Der Schaft, Corpus radii, ist im proximalen Teil rundlich, weiter distalwärts dreikantig, im ganzen leicht lateralwärts konvex. Etwas distalwärts vom Halse, auf der vorderen (volaren) Fläche liegt eine aufgetriebene rauhe Stelle, Tuberositas radii, an welcher sich die Hauptsehne des M. biceps brachii ansetzt. Die volare und die dorsale Fläche, Facies volaris, Facies dorsalis begegnen sich unter Bildung einer scharfen Leiste, Crista interossea. In die laterale Fläche, Facies lateralis, gehen beide mit sehr abgerundeten Kanten, Margo dorsalis, Margo volaris, über.

In der Mitte der lateralen Fläche liegt eine rauhe Stelle, für den Ansatz des M. pronator teres. Auf der Volarfläche am Beginn des mittleren Drittels, nahe der volaren Kante, ist ein proximalwärts führendes Foramen nutricium sichtbar.



Tuberculum majus
Caput humeri
Collum anatomicum
Collum chirurgicum
Tuberositas deltoidea
Sulcus nervi radialis
Facies posterior
Epicondylus medialis
Sulcus nervi ulnaris
Fossa olecrani
Trochlea humeri
Epicondylus lateralis

Fig. 190.

Caput humeri
Tuberculum majus
Sulcus intertubercularis
Tuberculum minus
Collum anatomicum
Collum chirurgicum
Crista tuberculi minoris
Crista tuberculi majoris
Tuberositas deltoidea
Sulcus nervi radialis
Facies anterior lat.
Facies anterior medialis
Margo lateralis
Margo medialis
Fossa radialis
Fossa coronoidea
Epicondylus lat.
Epicondylus medialis
Capitulum humeri
Trochlea humeri

Fig. 191.

Fig. 190, 191. **Rechtes Oberarmbein,** Humerus.
Fig. 190 von hinten; Fig 191 von vorn.

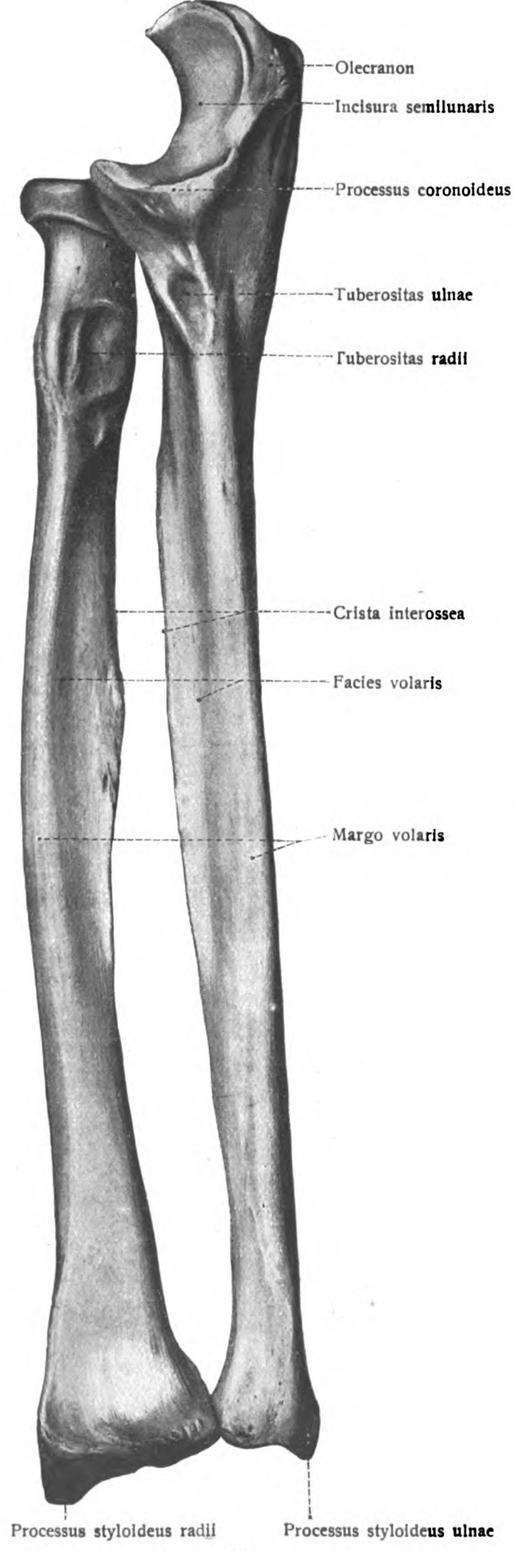


Fig. 192.
Rechte Elle und Speiche, Ulna und Radius
Volare Fläche (4/5).

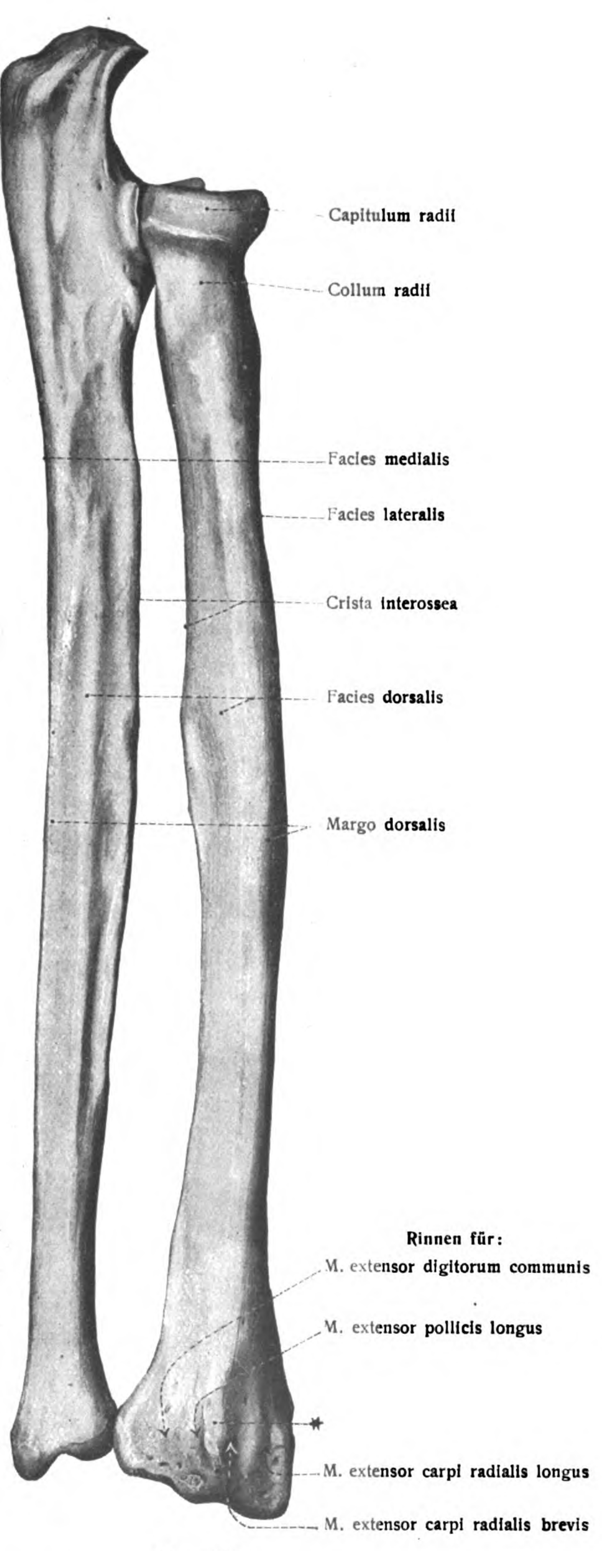


Fig. 193.
Rechte Elle und Speiche, Ulna und Radius.
Dorsale Fläche (4/5).
* Leiste zum Zurückhalten d. M. extensor pollicis longus.

Das distale Stück ist breit und dick, unregelmäßig vierkantig und besitzt zwei Gelenkflächen: eine distale gehöhlte, aus zwei Feldern bestehende, Facies articularis carpea, welche mit dem Kahn- und Mondbein der Handwurzel artikuliert, und eine kleine ulnare, rechtwinklig dazu gestellte, von volar nach dorsal konkave, Incisura ulnaris, in welcher das Köpfchen der Ulna spielt. Am lateralen Ende ragt ein stumpfer Vorsprung herab, Processus styloideus radii.

Auf der dorsalen und lateralen Fläche (Fig. 193) liegen breite, wieder in Abteilungen zerlegte Furchen für bestimmte Sehnen, nämlich, von der Incisura ulnaris radii gerechnet, des M. extensor digitorum communis und Extensor indicis, des Extensor pollicis longus (schmal, daumenwärts von einer hohen Leiste begrenzt, welche in Fig. 193 durch * bezeichnet ist), des Extensor carpi radialis longus und brevis, des Abductor pollicis longus und Extensor pollicis brevis (auf der lateralen Kante gegen den Processus styloideus ziehend).

Der Radius steht in Gelenkverbindung mit dem Oberarmbein, der Elle, dem Kahn- und dem Mondbein.

3. Die Elle, Ulna. Figg. 188, 189, 192—194, 267.

Die Elle ist der mediale oder kaudale der beiden Knochen des Vorderarms[1]). Sie übertrifft den Radius an Länge, hat im proximalen Abschnitt ihre größte Mächtigkeit, während sie sich distalwärts verjüngt, umgekehrt wie der Radius. Auch ihre Krümmung ist derjenigen des Radius entgegengesetzt. Ihr Schaft ist dreiseitig, mit Ausnahme des distalen zylindrischen Endes. Die Elle steht nur mit dem Humerus und Radius in unmittelbarer Gelenkverbindung; zwischen ihr distales Ende und das Triquetrum der Handwurzel schiebt sich eine dreieckige Faserknorpelplatte ein.

Das proximale Ende der Ulna besitzt eine große ausgehöhlte Gelenkfläche für die Verbindung mit dem Humerus, Incisura semilunaris, welche volarwärts gerichtet ist und dorsal-proximal von einem dicken, in der Verlängerung des Schaftes gelegenen Fortsatz, Olecranon, begrenzt wird, während die distal-volare Begrenzung vom Processus coronoideus (Kronenfortsatz) gebildet wird. An seiner Basis und distalwärts von ihm befindet sich eine große, dreiseitige Rauhigkeit, Tuberositas ulnae.

Die proximal-distalwärts ausgehöhlte Gelenkfläche ist in ihrem mittleren Teil eingeschnürt, und besitzt eine, dem radialen Rand nähere erhabene Führungsleiste. An der radialen Seite des Processus coronoideus liegt die mit der großen Gelenkfläche zusammenhängende Incisura radialis, für die Anlagerung des Capitulum radii.

An die proximale breite Fläche des Olekranon setzt sich die mächtige Sehne des Triceps brachii. Olekranon und Proc. coronoideus legen sich, das erstere bei gestrecktem, der letztere bei gebeugtem Unterarm, in die entsprechenden Gruben des Humerus. An der Tuberositas ulnae setzt der M. brachialis an.

Der Schaft, Corpus ulnae, hat ebenso wie der Radius eine Crista interossea, einen Margo dorsalis und einen Margo volaris sowie drei Flächen, von welchen zwei, die Facies volaris und die Facies dorsalis, den gleichbenannten Flächen des Radius entsprechen, die dritte ist die Facies medialis. Auf dem proximalen Stück der Facies dorsalis befindet sich, vom dorsalen Rand der Incisura radialis beginnend, die Crista m. supinatoris zum Ursprung für den M. supinator.

Die volare Fläche des Schaftes besitzt eine langgestreckte Vertiefung für den Ursprung von Teilen des tiefen Fingerbeugers; am distalen Ende des letzteren beginnt eine rauhe Stelle für den

[1]) Stellt man zum Zweck einer Vergleichung die obere Extremität mit der unteren übereinstimmend auf, den Ellenbogen und die Streckfläche also nach vorn, dann ist der Radius natürlich der mediale, die Ulna der laterale Knochen.

Ursprung des M. pronator quadratus. Zwischen dem proximalen und mittleren Drittel der Knochenlänge führt ein Foramen nutricium rückläufig zur Markhöhle. Die dorsale Fläche des Knochens ist im proximalen Teil rauh. Die mediale Fläche ist glatt, am proximalen Ende leicht ausgehöhlt.

Das distale zylindrische Ende schwillt an zum zierlichen Capitulum ulnae, dessen distale Gelenkfläche auf der medialen Seite vom Processus styloideus ulnae überragt wird. Außer der distalen Gelenkfläche, welche sich gegen den Discus articularis richtet, ist an ihm eine seitliche Gelenkfläche vorhanden, welche radial ausgebildet ist, die Circumferentia articularis ulnae.

Das Skelet der Hand, Ossa manus. Figg. 196—202, 204, 205.

An der Hand unterscheidet man drei größere Abschnitte: 1. Die Handwurzel, Carpus, welche aus zwei Reihen kurzer Knochen besteht; 2. die Mittelhand, Metacarpus; sie wird aus fünf kleinen Röhrenknochen, Ossa metacarpalia, zusammengesetzt; 3. die Finger, Digiti ossei. Vier von diesen (2—5) besitzen drei Glieder, Phalanges, der Daumen besitzt nur zwei Glieder.

4. Die Handwurzelknochen, Ossa carpi.

Die erste oder proximale Reihe der Handwurzelknochen enthält das Kahnbein, Naviculare, das Mondbein, Lunatum, das dreieckige Bein, Triquetrum, und das Erbsenbein, Pisiforme; oder nach einer Bezeichnung, welche nicht allein auf den Menschen Rücksicht nimmt: Radiale, Intermedium, Ulnare, Postulnare.

Die zweite oder distale Reihe enthält das große vieleckige Bein, Multangulum majus, das kleine vieleckige Bein, Multangulum minus, das Kopfbein, Capitatum, und das Hakenbein, Hamatum; mit anderer Bezeichnung: das Carpale primum (oder eigentlich quintum usw.), secundum, tertium und quartum.

Von den Knochen der proximalen Reihe helfen nur die drei ersten das Gelenk zwischen Vorderarm und Handwurzel bilden. Das Pisiforme artikuliert für sich allein am Triquetrum.

An jedem der 8 Knochen unterscheidet man zur Übersicht am besten sechs Gegenden oder Flächen, als wären sie Würfel: eine proximale und eine distale, eine dorsale und eine volare (ventrale), eine radiale und eine ulnare.

Die proximalen Flächen der drei proximalen Karpalknochen bilden, da sie alle gewölbt sind, durch ihre Nebeneinanderlagerung einen ellipsoidischen Gelenkkopf, dessen Pfanne das distale Ende des Vorderarmskelets darstellt. Die distalen Flächen derselben Knochen bilden eine Wellenfläche, deren konvexer Teil (Berg) dem Kahnbein zukommt, während der konkave Teil (Tal) durch ein Stück des Kahnbeins, das Mondbein und das dreieckige Bein gebildet wird.

Die dorsalen Flächen aller Knochen bilden zusammen eine konvexe, die volaren eine konkave Fläche. Die ulnaren und radialen Flächen sind, wo sie zusammenstoßen, proximalwärts aneinander befestigt, distalwärts mit kleinen Gelenkflächen versehen.

Die vier Knochen der zweiten Reihe werden unter demselben Gesichtspunkt aufgefaßt. Ihre proximalen Flächen bilden zusammen eine umgekehrte Wellenfläche. Die Konkavität (Tal, Pfanne) wird durch das Multangulum majus und minus, die große Konvexität (Berg, Kopf) durch das Kopf- und Hakenbein gebildet. Die distalen Flächen stoßen mit den Metacarpalknochen zusammen. Das erste dieser Gelenke, zwischen Multangulum majus und Metacarpale I, ist ein schönes Sattelgelenk, welches keine Verbindung mit dem zweiten Gelenk hat. Das Multangulum majus trägt jedoch noch einen Teil des Metacarpale II. Die distale Fläche des Multangulum minus paßt in einen Einschnitt der Basis des Metacarpale II und trägt letzteres wesentlich. Jene des Capitatum gehört wesentlich dem Metacarpale III und jene des Hamatum den Metacarpalia IV und V an.

Die dorsalen Flächen bilden eine konvexe, die volaren eine konkave Fläche.

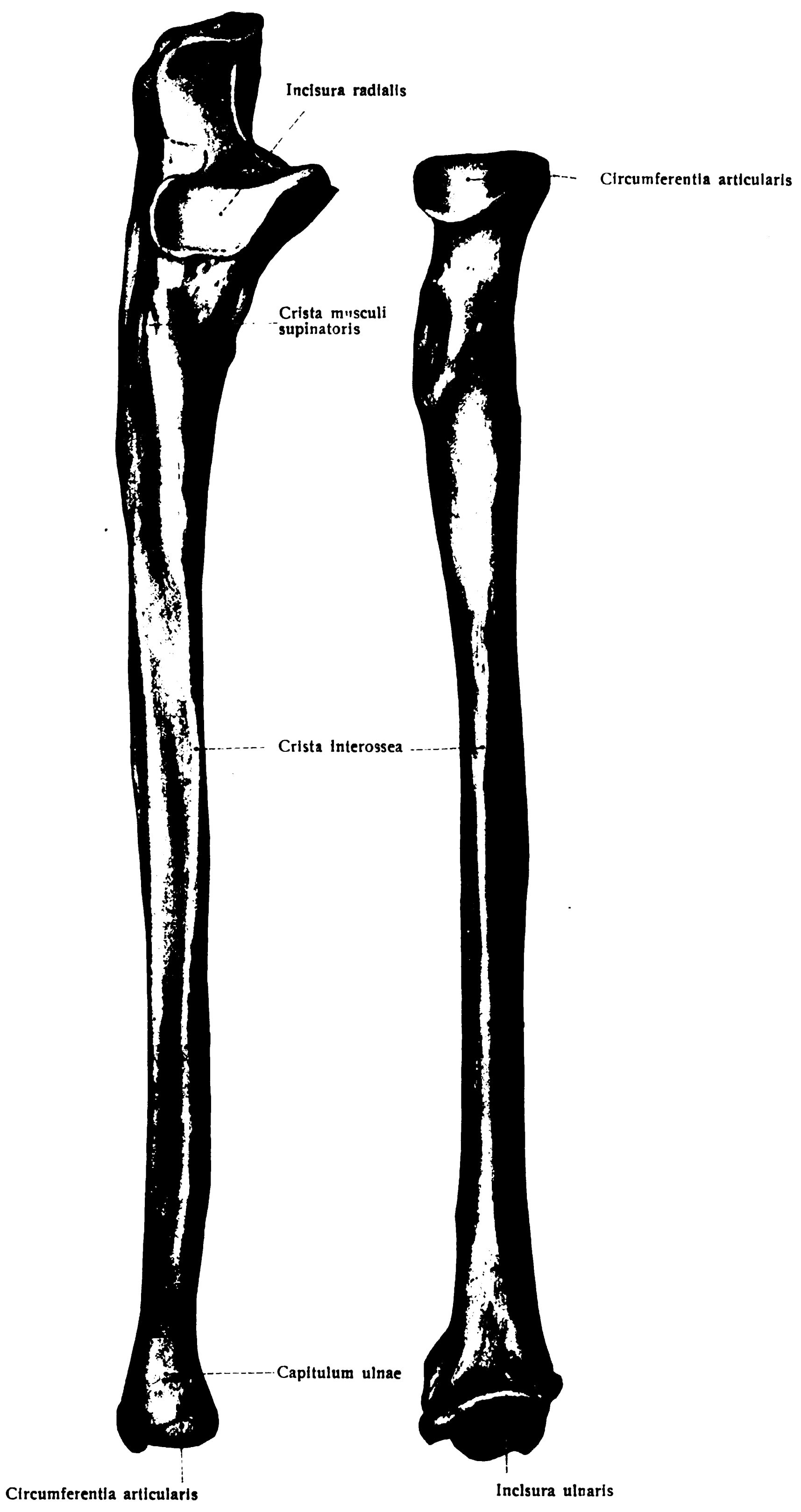


Fig. 194.
Rechte Elle, Ulna,
von der Crista interossea
gesehen (4/5).

Fig. 195.
Rechte Speiche, Radius,
von der Crista interossea
gesehen (4/5)

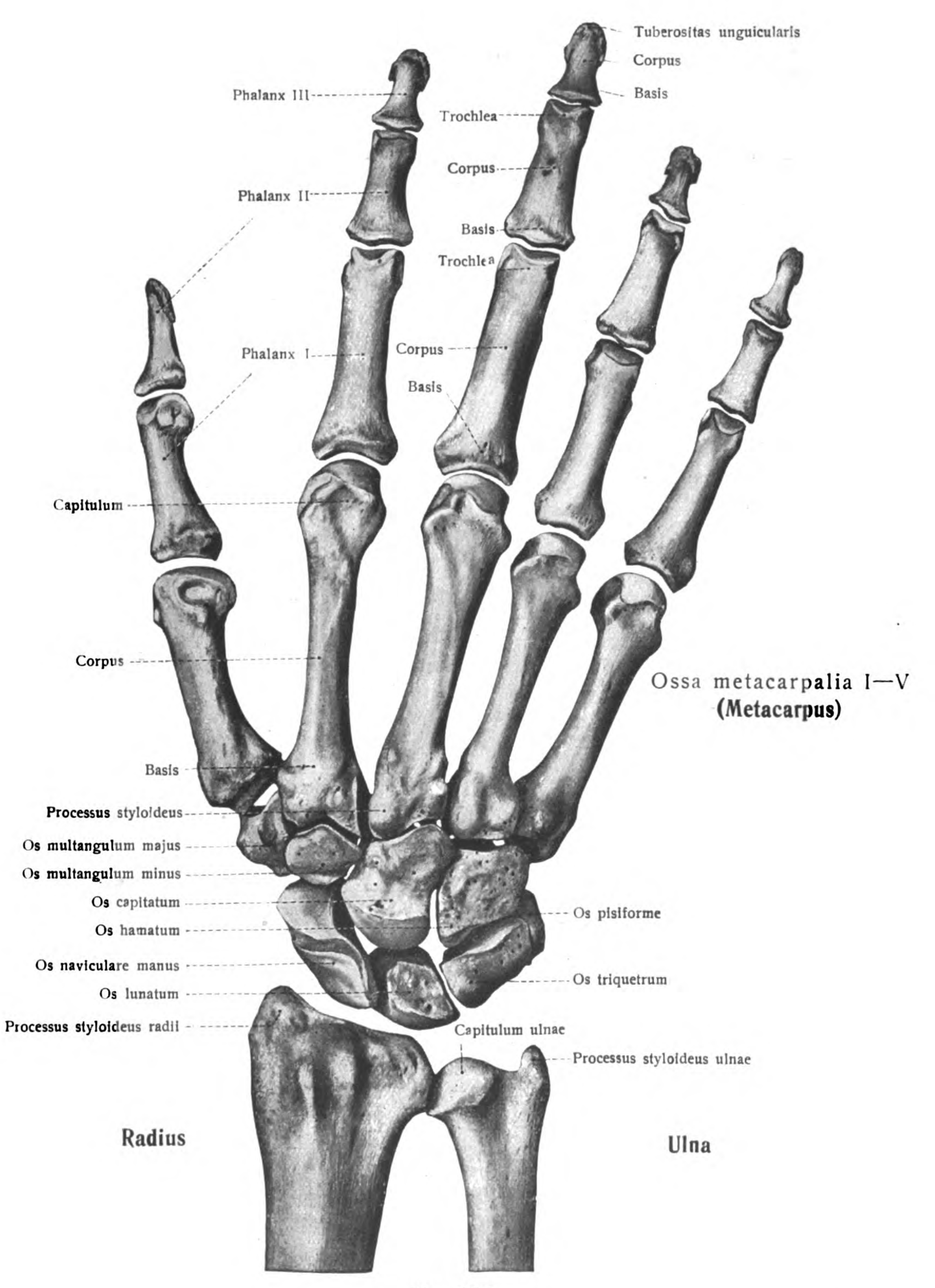


Fig. 196.

Knochen der rechten Hand, mit den distalen Enden von Ulna und Radius ($^{4}/_{5}$).
Dorsal-Ansicht.

Nach einem Originalpräparate (Gefrier-Skelet-Verfahren) von **H. Virchow.** Die Fingerglieder sind ergänzt. Die Abstände der Vorderarmknochen, der Carpalia, der Metacarpalia sind jedoch authentisch. Die Sesambeine sind nicht dargestellt.

Die aneinanderstoßenden radialen und ulnaren Flächen sind teilweise aneinander befestigt, teilweise mit Gelenkflächen versehen.

Dem Angegebenen zufolge spricht sich in der Aufreihung der Karpalelemente eine deutliche Gewölbekonstruktion aus, deren Konvexität dorsalwärts sieht, während die Konkavität, Sulcus carpi, volarwärts gerichtet ist.

Dieses Gepräge wird noch verschärft durch die volaren Fortsätze der an den Enden jeder Reihe befindlichen Knochen. An der ulnaren Seite ist es der Hamulus ossis hamati, welcher zusammen mit dem Os pisiforme die Eminentia carpi ulnaris bildet, während die Eminentia carpi radialis durch das Tuberculum ossis navicularis und durch das Tuberculum ossis multanguli majoris entsteht.

Bedeutendere Abarten am Carpus sind selten. Soemmering sah an beiden Händen eines Negers Verschmelzung des Lunatum mit dem Triquetrum. Häufiger ist Vermehrung beobachtet worden, insbesondere durch Teilung des Multangulum minus und des Capitatum. Gruber (1870) hat in einem Falle elf Karpalknochen gezählt. An der Verbindungsstelle zwischen Naviculare, Multangulum minus und Capitatum befindet sich in seltenen Fällen ein kleines Knochenrudiment, das Homologon eines Centrale des Karpus vieler Tiere (W. Gruber 1869 und 1883). Rosenberg, darauf Henke und Reyher (1874) haben gelehrt, daß die knorplige Anlage eines Centrale beim Menschen konstant ist. In der Regel verschmilzt es bei der Verknöcherung mit dem Naviculare. Leboucq bestätigte dies, während Rosenberg annahm, daß die knorplige Anlage verschwinde.

Die in ihrem allgemeinen Aufbau indifferenteste Form des Karpus und Tarsus ist die der lebenden Urodelen, welche dieselben von uralten Ahnen aus der Kohle oder aus dem Devon ererbt haben.

Karpus und Tarsus von Arctogosaurus und Eryope verhalten sich nur in einer Beziehung besonders primitiv, nämlich in der Dreizahl der Centralia; sonst aber zeigen sie auf dem Wege der Differenzierung weit vorgeschrittene Verhältnisse. (Emery, 1897.)

5. Die Mittelhand, Metacarpus.

Die Mittelhand besteht aus fünf röhrenförmigen Knochen, Ossa metacarpalia. Man unterscheidet an jedem den proximalen Teil, Basis, das Mittelstück, Carpus, das Köpfchen, Capitulum. Die Basis artikuliert am Karpus. Die Köpfchen sind mit den Fingern gelenkig verbunden. Die Mittelhandknochen setzen die Gewölbebildung des Karpus fort und sind volar leicht konkav, dorsal konvex. Die Form der Basen ist sehr wechselnd, die der Köpfchen sehr übereinstimmend. Die karpale Gelenkfläche der Basis setzt sich bei den Metacarpalia III, IV in zwei kleine seitliche, intermetacarpale, radiale und ulnare Gelenkflächen fort; das Metacarpale II hat nur an der ulnaren Fläche, das Metacarpale V nur an der radialen Seite noch eine Gelenkfläche. Die Köpfchen sind groß, mit konvexer Gelenkfläche und einem Grübchen an der Radial- und Ulnarseite versehen, an welche die Seitenbänder der Articulatio metacarpophalangea sich ansetzen. Das Mittelstück ist dreiseitig prismatisch.

Der erste Mittelhandknochen ist dicker und kürzer als alle anderen; die anderen nehmen nach der Ulnarseite an Länge gleichmäßig ab. Die Basis des ersten Mittelhandknochens trägt eine sattelförmige Gelenkfläche. Sein Mittelstück ist dorso-volarwärts zusammengedrückt.

Die Basis des zweiten Mittelhandknochens ist durch ihre Breite und durch eine starke Kerbe ihrer karpalen Gelenkfläche ausgezeichnet; diejenige des dritten durch einen an der radialen Seite befindlichen Processus styloideus; die des fünften durch einen dorsal-ulnarwärts vorspringenden Höcker. Es lassen sich folglich alle Mittelhandknochen nach ihrer Ordnungszahl an besonderen Merkmalen erkennen.

6. Die Fingerknochen, Phalanges digitorum manus.

Jeder Finger besitzt mehrere Glieder, Phalangen, und zwar sind am Daumen zwei, an den übrigen Fingern je drei vorhanden.

Die Glieder der ersten Reihe, Grundglieder, Phalanges primae, sind wie die Mittelhandknochen leicht gebogen. Ihre Dorsalflächen sind glatt und in querer Richtung konvex, die Volarflächen flach, mit rauhen Rändern versehen, an welche sich die fibrösen Scheiden der Sehnen der Beugemuskeln ansetzen. Das proximale Ende, Basis, ist dick und hat eine querovale Pfanne zur Aufnahme des Köpfchens des entsprechenden Metakarpale. Das distale Ende, Trochlea, ist weniger verdickt und mit konvexem, durch eine Furche in zwei Kondylen zerlegten Köpfchen ausgestattet. Seitlich besitzen sie gleich den Mittelhandknochen kleine Felder zur Befestigung der Seitenbänder.

Die Glieder der zweiten Reihe, Mittelglieder, Phalanges secundae, sind kleiner als die vorhergehenden, gleichen ihnen aber der Gestalt nach, mit dem Unterschiede, daß die basalen, konkaven Gelenkflächen erhabene Führungsleisten besitzen, welche in die Furchen der Rollen der Grundglieder passen.

Die Glieder der letzten Reihe, End- oder Nagelglieder, Phalanges tertiae, gleichen in ihren Basen den Gliedern der zweiten Reihe, doch besitzen sie nahe der Basis eine volare Rauhigkeit zum Ansatz der Sehne des M. flexor digitorum profundus. Der Schaft ist dünn, endigt aber mit einer breiten, volar rauhen, mit lateralen Widerhaken versehenen schaufelförmigen Platte, Tuberositas unguicularis.

Fürst, C. M., Ein Fall von verkürzten und zweigliedrigen Fingern, begleitet von Brustmuskeldefekten und anderen Mißbildungen. Zeitschr. f. Morph. u. Anthropol. II, 1900. — Die Mittelphalangen bei den Fingern II und III eines Individuum fehlen, markieren sich aber in den verlängerten Endphalangen; ihre proximalen Teile gleichen Parallelepipeden, welche gegen die distalen Teile bestimmt kontrastieren. Die Sehnen des Flexor sublimis setzen sich an der proximalen Abteilung an. Die Mittelphalangen des vierten und fünften Fingers sind sehr kurz. — Menke, W., Ein Fall von Verdoppelung der Zeigefinger. Arch. Anat. u. Phys. 1899.

7. Die Sesambeine.

Ein Paar von Sesambeinen, d. h. in die Endstücke von Sehnen oder in die Wand von Gelenkkapseln eingelagerten kleinen Knochen, findet sich regelmäßig an dem Mittelhandfingergelenk des Daumens. An den entsprechenden Stellen der übrigen Finger, am häufigsten am Zeige- und kleinen Finger, kommen ähnliche Knochen oder Sesambeine vor. Statt zweier Sesambeine kann hier auch nur eins vorhanden sein.

Galen hielt das Os metacarpale pollicis für die erste Phalanx des Daumens. Auch Vesal und viele andere schlossen sich ihm an. Auch entwicklungsgeschichtlich verhält sich der erste Metakarpalknochen des Menschen wie eine erste Phalanx. Indessen verhält sich der erste Mittelhandknochen bei Säugetieren entwicklungsgeschichtlich wie die vier übrigen; beim Menschen kehrt dieser Zustand gleichfalls hier und da wieder. Auch die Beziehungen der Muskulatur lassen jene Angaben Galens hinfällig erscheinen. Die Endphalanx des Daumens ist vielmehr Phalanx secunda + tertia.

Eine Familie mit dreigliedrigen Daumen beschreibt H. Rieder (1900). Die Familie besteht aus acht Köpfen, den Eltern und sechs Kindern. Die Frau ist frei von Mißbildungen, ebenso zwei ihrer Kinder, d. h. eine 13jährige Tochter und ein 7jähriger Knabe. Der Mann, dessen älteste, 19jährige Tochter aus erster Ehe, dessen zwölf- und elfjährige Töchter sowie dessen vierjähriger Knabe, alle aus zweiter Ehe, haben dreigliedrige Daumen. Die Mittelphalanx des Daumens ist in den verschiedensten Aus- und Rückbildungsstufen vertreten. Am stärksten ausgeprägt ist der Zustand bei der 19jährigen Tochter, mehr als beim Vater (s. Fig. 200). Merkwürdigerweise konnte an der

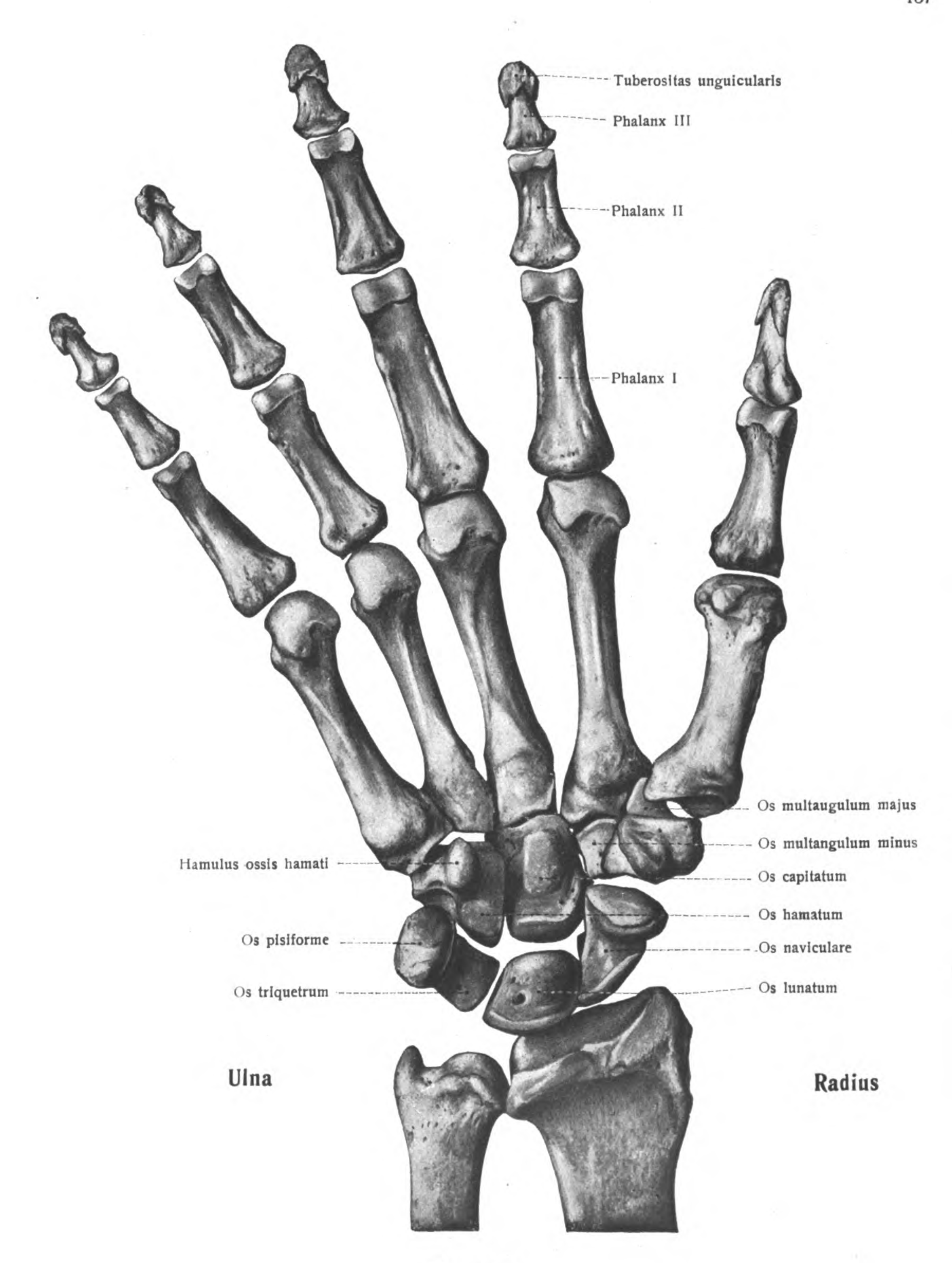


Fig. 197.

Knochen der rechten Hand, mit den distalen Enden von Ulna und Radius (4/5).
Volar-Ansicht.

Nach einem Originalpräparat (Gefrier-Skelet-Verfahren) von **H. Virchow.** Die Fingerglieder sind ergänzt. Die Abstände zwischen den Vorderarmknuchen, Carpalia und Metacarpalia, sowie ihre Stellung sind jedoch authentisch. Die Sesambeine sind nicht dargestellt.

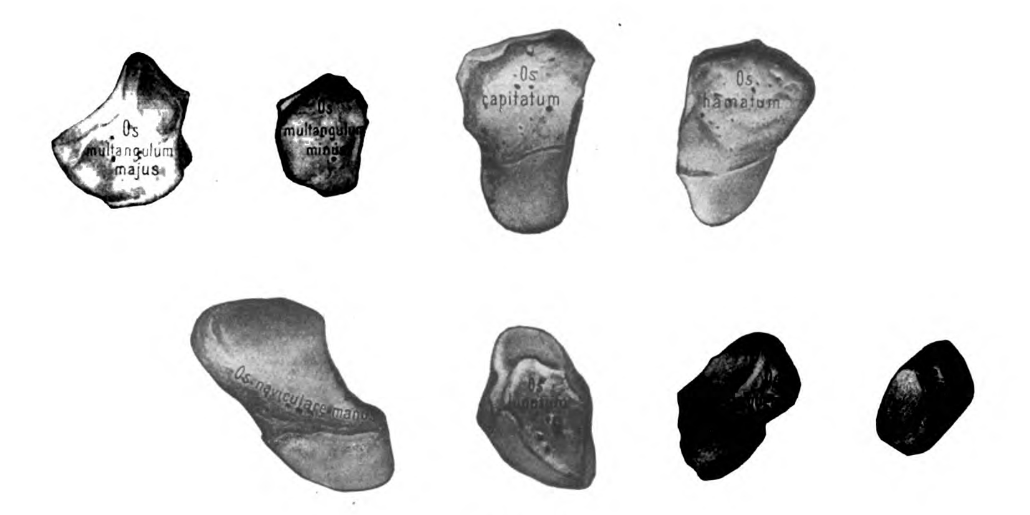


Fig. 198.

Handwurzelknochen, Ossi carpi, der rechten Hand, einzeln (1/1).
Dorsal-Ansicht.

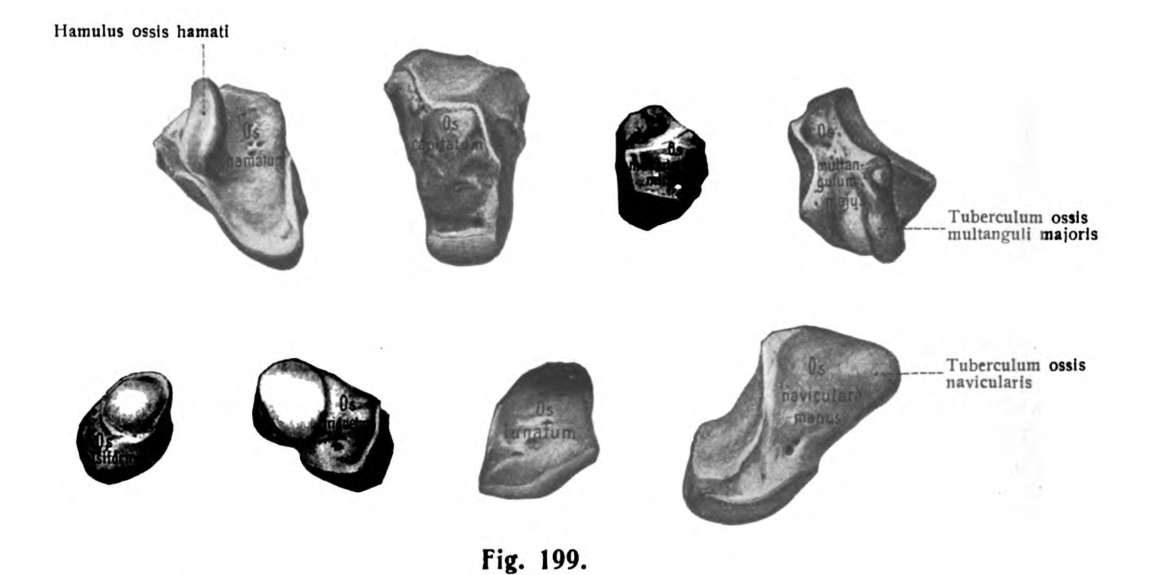


Fig. 199.

Handwurzelknochen, Ossa carpi, der rechten Hand, einzeln (1/1).
Volar-Ansicht.
Os pisiforme etwas gedreht, damit die Gelenkfläche deutlich zu Gesicht kommt.

rudimentären Mittelphalanx niemals eine Epiphyse nachgewiesen werden. [Die Mittelphalanx der fünften Zehe entbehrt der basalen Epiphyse ebenfalls; auch sonst ist die Variabilität der Epiphysenbildung größer, als bisher angenommen (Pfitzner)]. Die Muskulatur des Daumenballens ist in diesen Fällen mehr oder weniger verkümmert, besonders der Opponens pollicis. Überall wurde das Röntgenverfahren angewendet. Man müßte künftig in allen Fällen von dreigliedrigem Daumen auch die große Zehe auf den bezüglichen Zustand prüfen!

Zwei Fälle von dreigliedrigem Daumen beschrieb ferner H. Salzer (1897). Beide Fälle sind von der Mutter vererbt. In der Deutung schließt S. sich an Pfitzner an, welcher gezeigt hat, daß die Zweigliedrigkeit des Daumens und der großen Zehe und ebenso die Dreigliedrigkeit der übrigen Finger und Zehen dadurch zustande gekommen ist, daß das jeweilige Endglied das nächstfolgende durch Verschmelzung sich assimiliert hat. Die Zweigliedrigkeit des Daumens und der

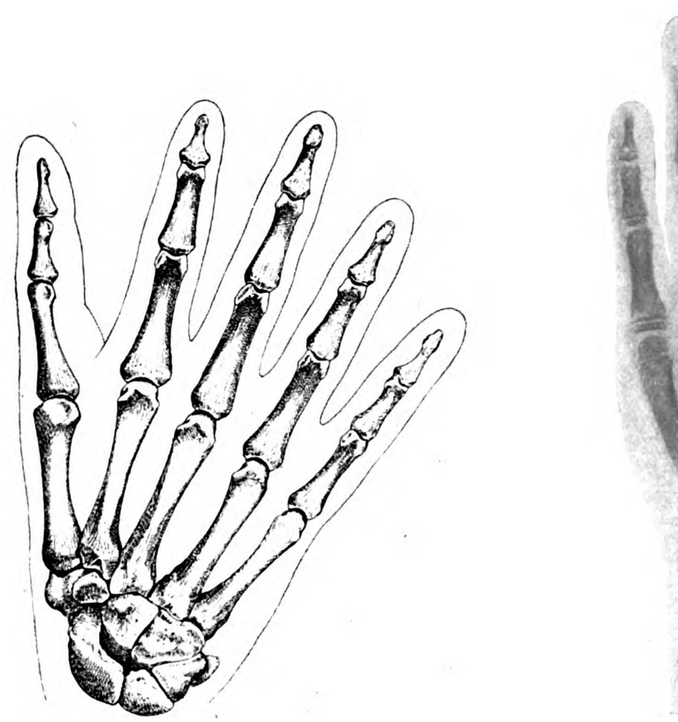




Fig. 200. Fig. 201.

Fig. 200. **Rechte Hand** von Martina (19 Jahre), mit **dreigliedrigem Daumen.** (H. Rieder, 1900.)

Fig. 201. **Handskelet eines Kindes** von etwa 13 Jahren. Röntgen-Bild.

großen Zehe ist also dadurch entstanden, daß aus der Verschmelzung von Mittel- und Endphalanx allmählich eine typische, aber vergrößerte Endphalanx hervorging. Dieser Auffassung folgen alle neueren Untersucher. Überdies ist die Dreigliedrigkeit des Daumens nicht so selten als früher angenommen wurde. Sie ist ferner in hohem Maße vererblich, wenn sie beiderseits vorkommt. Bisher sind, wie Stieve (Anat. Anz. 48. Bd. 1915) berichtet, im ganzen 33 Personen (von 10 verschiedenen Familien) mit beiderseits dreigliedrigem Daumen beschrieben worden, bei denen eine Vererblichkeit vorliegt.

Betrachtet man im Gegensatz hierzu die Ontogenese des Handskelets, so zeigt ein Blick auf Fig. 201, daß das Metacarpale pollicis sich in seinen Knochenkernen ganz wie ein Fingerglied verhält. Dieser Umstand ist es auch, welcher der Auffassung von Galen, das Metacarpale pollicis sei als Phalanx prima des Daumens zu betrachten, der Daumen somit dreigliedrig und ihm fehle ein Metakarpale, eine neue und bedeutende Grundlage verschaffte. Da bei der großen Zehe die Dinge ebenso liegen, so müßte man von diesem Standpunkt aus auch die große Zehe

für dreigliedrig und eines Metatarsale entbehrend erachten, was bisher noch niemand getan hat, da das fertige Metatarsale hallucis so ganz den übrigen Metatarsalia entspricht. Indessen ist schon oben hervorgehoben worden, daß das erste Metakarpale und Metatarsale sich bei Säugetieren entwicklungsgeschichtlich verhalten wie die vier übrigen und daß auch bei dem Menschen dieser Fall hier und da wiederkehrt.

Rudimente eines sechsten und siebenten Strahles; accessorische Elemente des Carpus.

Das Pisiforme ist ein rudimentärer Karpalknochen, welcher der Sehne des M. flexor carpi ulnaris zum Ansatz dient. Unter Umständen kommen ähnliche Rudimente auch an der radialen Seite des Carpus und sogar noch am Metacarpus in isoliertem Zustand vor. Am Fußskelet wiederholt sich die gleiche Erscheinung. Hiervon geben Figg. 202, 203 eine Vorstellung. Eine größere Rolle spielen entsprechende Befunde bei Tieren. Es liegt auf der Hand, daß diesen Vorkommnissen hohe Aufmerksamkeit zugewendet werden muß. Um die genauere Erforschung derselben haben sich besonders Albrecht und v. Bardeleben verdient gemacht und die Theorie verteidigt,

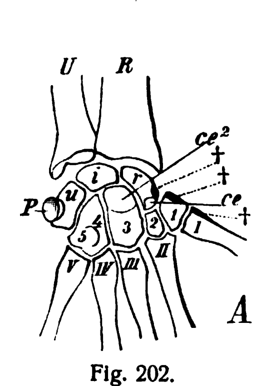


Fig. 202.

Carpus des Menschen.

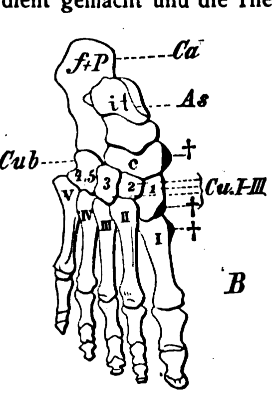


Fig. 203.

Fußskelet des Menschen.

Praepollex und **Praehallux** sind schematisiert.

U Ulna; *R* Radius; *r* Radiale (Naviculare); *i* Intermedium (Lunatum); *u* Ulnare (Triquetrum); *P* Pisiforme; *ce* Centrale mit dem Radiale verwachsen; *ce²* zweites Centrale (Kopf des Capitatum) (Karpale 3). 1—5 die fünf Carpalia (Tarsalia), wovon 4 und 5 zum Hamatum resp. Cuboideum *(Cub)* zu rechnen sind; † † † Spuren des Praepollex resp. Praehallux Tarsale 1—3 werden als erstes bis drittes Keilbein *(Cu. I—III)* bezeichnet; *c* Centrale (Naviculare) tarsi; *it* Intermedio-tibiale = Astragalus *(As)* oder Talus; *f* + *P* das zum Calcaneus *(Ca)* verein'gte Os pisiforme tarsi und das Fibulare; *I—V* die fünf Metacarpalia resp. Metatarsalia. (Nach Wiedersheim.)

daß die erwähnten Gebilde Rudimente eines besonderen radialen Strahles darstellen, die Praepollex und Praehallux genannt wurden.

Ob man aus solchen Befunden schließen darf, daß die Hand und der Fuß der höheren Wirbeltiere aus einer mehr als fünfstrahligen unmittelbaren Urform abzuleiten seien, bleibt bei der gegenwärtigen Lage der Erfahrungen zweifelhaft. Vielmehr ist es wahrscheinlich, daß kein Ursäugetier jemals einen als freien Finger funktionierenden Praepollex besessen hat (Emery).

Die Untersuchungen von W. Pfitzner haben gezeigt, daß am Carpus und Tarsus accessorische Elemente viel häufiger vorkommen als angenommen werden konnte.

Pfitzners Beiträge zur Kenntnis des menschlichen Extremitätenskelets (Nr. 8, die morphologischen Elemente des Handskelets) stützen sich auf die Untersuchung von 1450 sorgsam präparierten und skeletierten Händen.

Hand- und Fußskelet zeigten im äußeren Habitus unter sich und mit dem übrigen Skelet die größte Übereinstimmung; die innere Festigkeit aber war oft sehr verschieden; insofern nämlich, als recht oft das Fußskelet eine stark verminderte Festigkeit aufweist. Es handelte sich, wie P. feststellt, um einfache Untätigkeitsatrophie. Es genügt eine einfache, langdauernde Bettruhe, um ziemlich hochgradige Osteoporose des Fußskelets hervorzurufen. Nie zeigten das die Handgelenke.

Nichtgebrauch beeinflußt also nicht die äußere Form, sondern nur die innere Festigkeit. Hieraus schließt P., vielleicht zu weitgehend, daß auch der Gebrauch nicht vermöge, die äußere

Form zu beeinflussen. Doch er bemerkt, daß angestrengte Handarbeit die Form des Handskelets nicht abändert. Ein formatives Moment besitzt nach P. der Gebrauch nicht, höchstens ein deformierendes. Für die äußere Gestaltung ist ihm dagegen einzig maßgebend das Moment der Vererbung. Jenseits des 20. bis 25. Lebensjahres wird nichts mehr vervollkommnet, sondern günstigsten Falls konserviert, sonst aber verdorben. Der Gebrauch kann hiernach noch viel weniger ein Skeletstück neu erstehen lassen.

Bei 1450 Händen fand P. das Centrale siebenmal = 0,48 Proz. Im ganzen sind in der Literatur etwa 25 Fälle von Centrale an erwachsenen Händen beschrieben. Der allgemeine Verlauf der rückläufigen Entwicklung gestaltet sich nach P. folgendermaßen: unter steter Volumabnahme zieht sich das Centrale erst von der Vola, dann vom Dorsum zurück, um im Innern des Carpus entweder durch Auflösung oder durch Verschmelzung zu verschwinden. Jedoch kann die Verschmelzung in sehr verschiedenen Stadien der Rückbildung auftreten. Beim Orang sah P. verschmolzene Centralia, welche so wenig rückgebildet waren, daß sie nicht allein noch eine Dorsalspitze, sondern sogar noch eine kräftige Volarfläche aufwiesen.

Nicht allein das Centrale aber ist zu beachten: es gibt noch zahlreiche andere besondere Knochen des Carpus und seiner Nachbarschaft. Einen Überblick gewähren die Figg. 204 und 205.

Die Bedeutung der accessorischen Elemente am Hand- und Fußskelet ist durch die Untersuchung mittels Röntgenstrahlen, die für anatomische Zwecke besonders von Hasselwander mit großem Erfolge benutzt wurden, festgestellt worden. Sie erscheinen als Ossifikationszentren in exponierten Fortsätzen des Skeletes, welche unter dem Einfluß störender und hemmender Faktoren nicht zur Vereinigung mit den Hauptstücken,

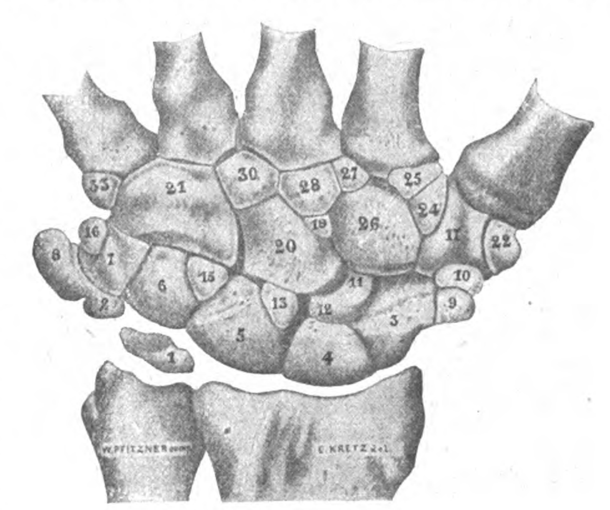


Fig. 204.

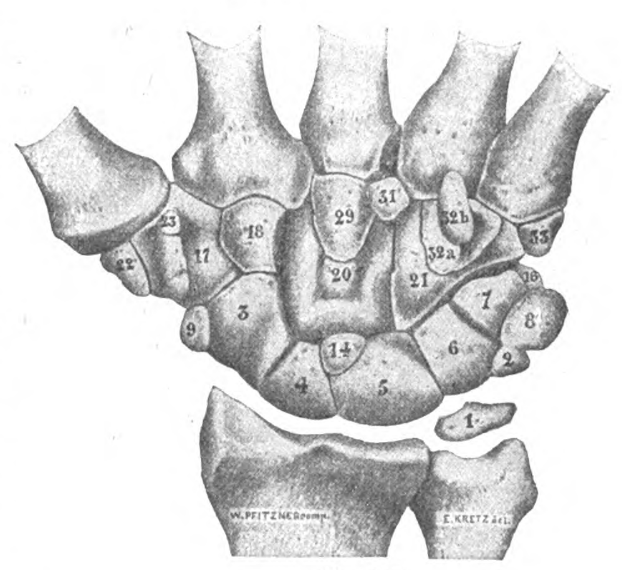


Fig. 205.

Figg. 204 und 205. **Schemata der überzähligen Carpalia.** 204 Facies dorsalis; 205 Facies volaris. Das Gewölbe ist in eine Ebene aufgerollt zu denken. Linke Hand. (W. Pfitzner, 1901.)

1 Triangulare (Intermedium antebrachii). — 2 Metapisoid (Pisiforme secundarium). — 3 Scaphoid (Naviculare radiale). — 4 Metascaphoid (Naviculare ulnare). — 5 Menoid (Lunatum proprium). — 6 Propyramoid (Triquetrum radiale). — 7 Metapyramoid (Triquetrum ulnare). — 8 Pisoid (Pisiforme proprium). — 9 Parascaphoid (Radiale). — 10 Epitrapezium. — 11 Episcaphoid (Centrale dorsale). — 12 Praescaphoid (Centrale volare). — 13 Epimenoid (Epilunatum). — 14 Hypomenoid (Hypolunatum). — 15 Epipyramoid (Epipyramis). — 16 Parapyramoid (Ulnare externum). — 17 Basitrapezium (Trapezium proprium). — 18 Basitrapezoid (Trapezoides proprium). — 19 Metastyloid. — 20 Kephaloid (Capitatum proprium). — 21 Sphenoid (Hamatum proprium). — 22 Paratrapezium. — 23 Praetrapezium. — 24 Akrotrapezium (Trapezium secundarium). — 25 Praetrapezoid (Trapezoides secundarium) — 26 Epitrapezoid. — 27 Parastyloid. — 28 Styloid. — 29 Hypokephaloid (Subcapitatum). — 30 Epikephaloid (Capitatum secundarium). — 31 Prokephaloid (Ossiculum Gruberi). — 32 *a* Hyposphenoid (Hamulare basale). 32 *b* Praesphenoid (Hamulare terminale s. Os hamuli proprium). — 33 Parasphenoid (Os Vesalianum).

den „kanonischen" Skeletelementen kommen und dann als selbständige Knochen auftreten. Die morphologische Bedeutung des Centrale der Hand, des Tibiale ext. und des Os Trigonum am Fuß steht wohl fest, keineswegs aber ist dies sicher für die anderen accessorischen Elemente, die gelegentlich selbständig gefunden werden. Hasselwander, A., Ergebn. Anat. u. Entw. 23. Bd. 1921.

Die Sesambeine sind beim Fetus zahlreicher als beim erwachsenen Menschen; die durchschnittliche Gesamtzahl ist größer; beim Fetus treten noch Sesambeine auf, welche beim Erwachsenen bis jetzt nicht beobachtet sind. Es sind regressive Gebilde der metacarpophalangealen Querreihe. Das Maximum der volaren metacarpo-digitalen Sesama des menschlichen Fetus beträgt zehn, je zwei an jedem Finger: genau so viel, wie wir bis zu den niederen Affen einschließlich bei allen Säugetieren mit fünf voll entwickelten Strahlen finden. Die Rückbildung der Sesambeine geschieht beim Menschen an vollentwickelten Strahlen, bei den Säugetieren an rückgebildeten Strahlen (Pfitzner).

Was Sesama dorsalia betrifft, so ist beim Menschen bis jetzt nur das Sesamum dorsale I beobachtet worden.

Auf der Beugeseite des Daumens am Gelenk zwischen Grund- und Endphalanx kommt beim Menschen häufig, bei vielen Säugetieren konstant ein Sesambein vor: aber es ist, da die Endphalanx des Daumens zwei Phalangen repräsentiert, ein Sesamoideum I proximale. Beim Menschen sind in der Regel höchstens bindegewebige Sesama interphalangea distalia vorhanden. Nur bei drei Händen fand P. am Zeigefinger ein knöchernes, mit knorpliger Gelenkfläche versehenes Sesambein.

Bei der kleinen Zehe des Menschen schließt die Verschmelzung von Mittelphalanx und Endphalanx damit ab, daß eine einfache Endphalanx entsteht, in welcher die Mittelphalanx nur durch die Masse, aber nicht mehr durch die Form vertreten ist. Ähnlich verhält es sich bei dem Daumen, dessen Endphalanx die Elemente einer Mittel- und Endphalanx enthält (Pfitzner)

Sesambeine sind zu beurteilen als periartikuläre Knochen der freien Extremitäten. Sie gehen alle aus hyalinknorpliger Anlage hervor und sind als von den Säugern ererbte Gebilde anzusehen. Die bestausgebildeten Sesama findet man bei niederen Säugetieren; ihnen gegenüber erscheinen die der Affen und des Menschen rückgebildet oder rudimentär. Sie sind keine Neuerwerbungen, sondern alte Skeletstücke. Auch die Patella und der Knochen im Caput laterale m. gastrocnemii sind Sesambeine.

Über die Häufigkeit der inkonstanten Sesambeine s. Pfitzners ausführliche Daten. Siehe ferner: Pfitzner, W., Über Brachyphalangie und Verwandtes. Verh. Anat. Ges. XII, 1898.

Virchow, H., Die Aufstellung des Handskelets. Verhandlungen der Berliner anthropologischen Gesellschaft, 1894.

b) Skelet der unteren Extremität, Ossa extremitatis inferioris.

Das Skelet der unteren Extremität besteht gleich dem der oberen aus zwei Abteilungen: dem Beckengürtel, Cingulum extremitatis inferioris; und dem Skelet der freien unteren Extremität, Skeleton extremitatis inferioris liberae.

α. Der Beckengürtel, Cingulum extremitatis inferioris. Fig. 25.

Der Beckengürtel besteht jederseits aus einem Knochen, Hüftbein, Os coxae. Die beiden Ossa coxae treten ventral miteinander in Verbindung. Dorsal bleibt eine Lücke im Beckengürtel. Diese wird durch innige Verbindung mit einem Teil der Wirbelsäule, dem Kreuzbein, geschlossen. Sie geschieht unmittelbar mit den rudimentären Rippen der oberen Kreuzwirbel. Beide Hüftbeine in Verbindung mit dem Kreuzbein nennt man Becken, Pelvis. Das Steißbein gehört an sich nicht zum Becken; es wird aber aus praktischen Gründen in der menschlichen Anatomie meist dazu gerechnet. Die Verbindung des Beckengürtels mit dem Stamm ist hiernach eine viel festere als die Verbindung des Schultergürtels; letzterer steht vorn mit dem Rippensystem in leicht beweglicher, ersterer hinten ebenfalls mit dem Rippensystem, jedoch in fast unbeweglicher Verbindung. Ein wesentlicher Unterschied ist hierdurch aber nicht gegeben. Beide Gürtel umschließen einen Teil der Leibeshöhle von außen. Auch der untere Gürtel liegt keineswegs in der Leibeshöhle. Die feste Verbindung mit dem Stammskelet steht vielmehr mit den stützenden und lokomotorischen Aufgaben der unteren Extremität in Zusammenhang.

Das Hüftbein, Os coxae. Figg. 206—210, 270.

Das Hüftbein besteht aus drei Stücken, dem Darmbein, Os ilium, dem Sitzbein, Os ischii, dem Schambein, Os pubis. Diese drei Stücke stoßen in der Gegend der Gelenkpfanne zusammen, derart, daß die Verbindungslinien einen dreistrahligen Stern bilden, dessen Mittelpunkt im Grund der Gelenkpfanne liegt. Beim Erwachsenen ist hiervon meist nichts mehr zu erkennen. Bei jüngeren Individuen aber entsprechend dem niedrigen Alter um so mehr. Fig. 206.

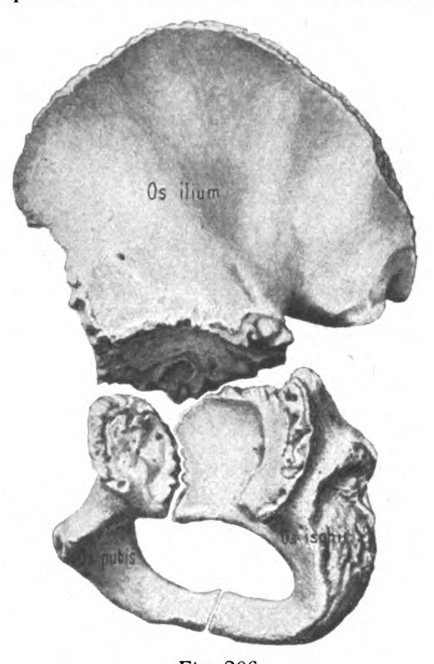


Fig. 206.
Hüftbein eines Knaben von 13 Jahren; die drei Stücke sind noch getrennt. 1 : 2.

Der Rand der tiefen, halbkugelig ausgehöhlten Gelenkpfanne, Acetabulum (= Essignäpfchen), ist an einer Stelle unterbrochen, Incisura acetabuli. An der Innenfläche der Pfanne befindet sich eine glatte Zone, welche am frischen Knochen von Knorpel bedeckt ist, Facies lunata. Der Grund der Pfanne, Fossa acetabuli, ist rauh, nicht überknorpelt und mündet durch die Incisura acetabuli gewissermaßen nach außen. Zwischen dem Schambein und dem Sitzbein bleibt eine große Öffnung frei, Foramen obturatum.

a) Das Darmbein, Os ilium. Figg. 206—210.

Der dicke, der Pfanne angehörige Teil des Darmbeins wird Körper, Corpus ossis ilium, genannt. Über ihm erhebt sich ein hoher, platter, schaufelförmiger Knochenteil, die Darmbeinschaufel, Ala ossis ilium.

Die Innenfläche der Darmbeinschaufel ist in ihrem vorderen Teil glatt, vertieft und bildet so die Fossa iliaca. Letztere zeigt in der Nähe ihres dorsalen Randes ein großes Foramen nutricium. Der dorsale Teil der Innenfläche trägt eine große ohrförmige Gelenkfläche, Facies auricularis, zur Verbindung mit dem Kreuzbein. Hinter der Gelenkfläche folgt ein rauhes, bis zum Rand reichendes Gebiet für die Anheftung von Bandmassen: Tuberositas iliaca.

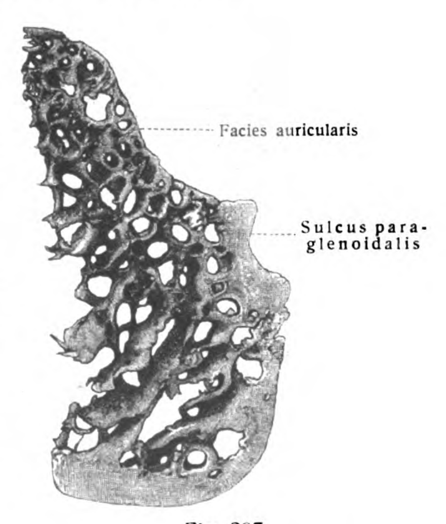


Fig. 207.
Sulcus paraglenoidalis des Os ilium und Umgebung. Querschliff. 3 : 1.

Die Fossa iliaca ist durch eine gebogene Kante, Linea arcuata, von der Innenfläche des Corpus ossis ilium abgesetzt, welche dem kleinen Becken angehört.

Die Außenfläche besitzt drei rauhe Linien, eine obere und untere gebogene,

Linea glutaea anterior und inferior, sowie eine hintere vertikale, Linea glutaea posterior.

Auf dem hinter der letzteren gelegenen Feld entspringt ein Teil des M. glutaeus maximus. Auf dem oberhalb der oberen gebogenen Linie befindlichen Feld entspringt der M. glutaeus medius und auf dem Felde zwischen Linea glutaea ant. und inf. der M. glutaeus minimus.

Das Darmbein besitzt ferner vier Ränder, einen oberen, vorderen, hinteren und unteren.

Der obere Rand, Crista iliaca, ist S-förmig gebogen, breit, mit drei nicht immer ganz deutlichen Leisten versehen, Labium externum, Linea intermedia, Labium internum. Das vordere, etwas lateralwärts abgebogene Ende der Crista endigt mit dem vorderen oberen Darmbeinstachel, Spina iliaca anterior superior. Unterhalb folgt am vorderen Rand der vordere untere Darmbeinstachel, Spina iliaca anterior inferior.

Auch der hintere Rand des Darmbeins zeigt zwei Stacheln, die Spina iliaca posterior superior und inferior. Der untere Rand ist hinten frei und hilft die Incisura ischiadica major bilden; vorn dient er zur Verbindung mit dem Sitz- und Schambein. Diese Incisura und die Linea arcuata des Darmbeins grenzen das Corpus ossis ilium von der Darmbeinschaufel ab.

Vor und hinter der Facies auricularis sind manchmal Furchen vorhanden, welche dem Rand der Gelenkfläche parallel laufen und Sulci paraglenoidales genannt werden. Fig. 207.

b) Das Sitzbein, Os ischii. Figg. 206, 208—210.

Es besteht aus dem Corpus ossis ischii, dem Ramus superior und dem Ramus inferior. Das obere dicke Stück, Corpus ossis ischii, verbindet sich mit dem Darm- und Schambein und bildet etwa $^2/_5$ der Pfanne. Unterhalb der Pfanne wird der Knochen viel dünner und heißt Ramus superior. Körper und oberer Ast besitzen drei Flächen und drei Kanten. Die hintere Kante entwickelt die starke Spina ischiadica; die vordere das nicht immer deutliche Tuberculum obturatorium posterius. Die Spina ischiadica begrenzt zwei Incisuren, die schon genannte Incisura ischiadica major und unterhalb die Incisura ischiadica minor. Gleich nach seinem Entstehen beginnt der Ramus superior hinten unten sich zu verdicken zum rauhen Tuber ischiadicum, welches Muskeln und Bänder zum Ursprunge, mit seinem unteren Teil aber auch zum Sitzen dient.

Der untere Ast hat bei aufrechter Körperhaltung eine fast horizontale, nur sehr sanft aufsteigende Richtung und besitzt zwei Flächen (äußere und innere) und zwei Ränder (oberen und unteren). Die Verbindungsstelle mit dem unteren Schambeinast ist auch beim Erwachsenen in der Regel erkennbar.

c) Das Schambein, Os pubis. Figg. 206, 208—210.

Das Schambein bildet mit dem unteren Sitzbeinast die vordere Wand des kleinen Beckens und umschließt das Foramen obturatum oben vorn wie das Sitzbein unten hinten. Es besteht aus einem Körper, Corpus ossis pubis, und aus zwei Schenkeln, Ramus superior und Ramus inferior ossis pubis, welche spitzwinklig zusammenstoßen. An dieser Stelle befindet sich eine länglich ovale, überknorpelte Fläche, Facies symphyseos, welche zur Verbindung mit der entsprechenden Fläche der anderen Seite dient. Die Verbindung wird Symphysis ossium pubis genannt. Der Körper übernimmt lateral die

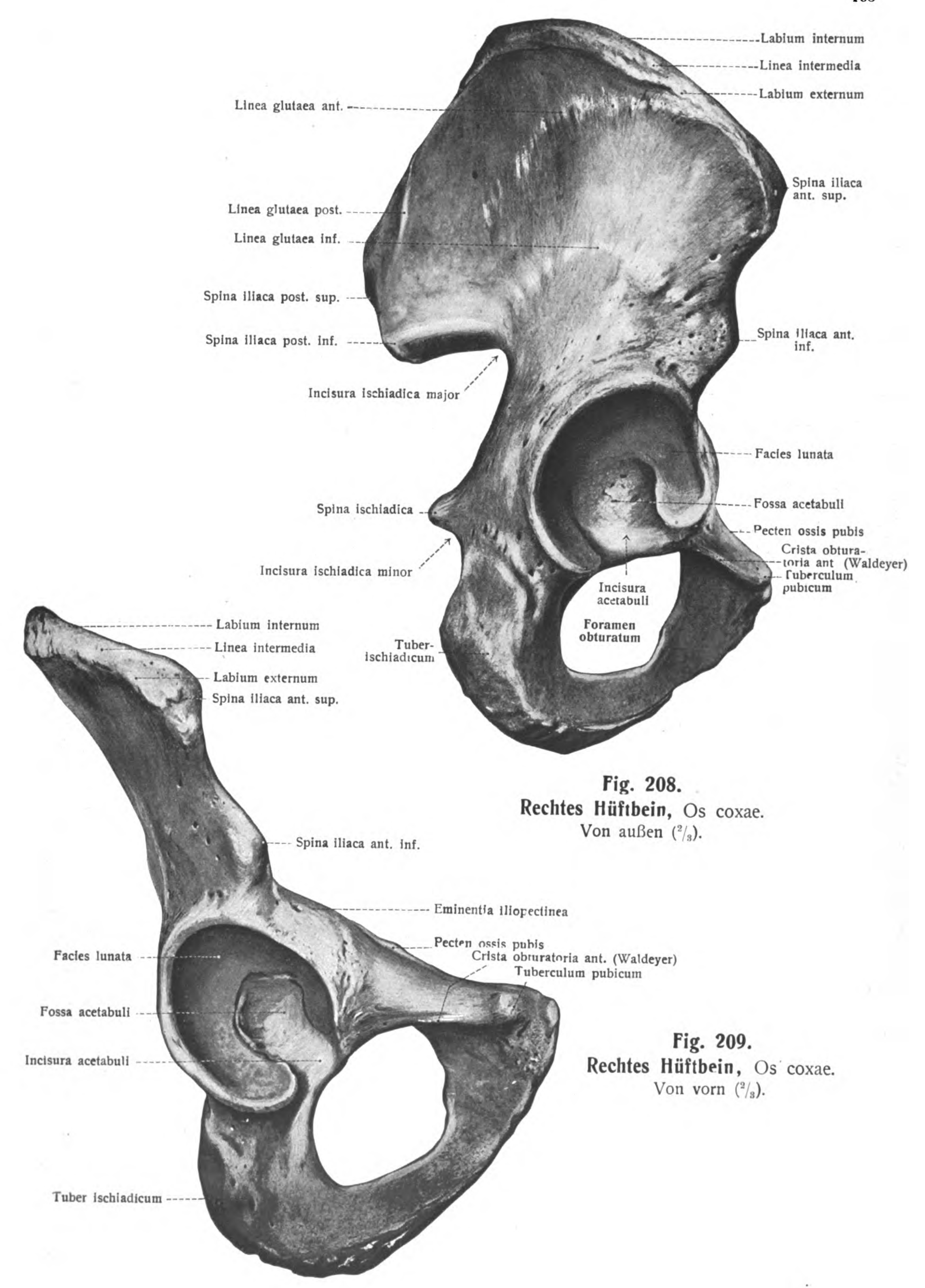


Fig. 208.
Rechtes Hüftbein, Os coxae.
Von außen (2/3).

Fig. 209.
Rechtes Hüftbein, Os coxae.
Von vorn (2/3).

Fossa iliaca
Crista iliaca
Tuberositas iliaca
Spina iliaca ant sup.
Spina iliaca post. sup.
Sulcus paraglenoidalis
Facies auricularis
Spina iliaca ant. inf.
Spina iliaca post. inf.
Incisura ischiadica major
Linea arcuata
Corpus ossis ilium
Eminentia iliopectinea
Corpus ossis pubis
Pecten ossis pubis
Corpus ossis ischii
Spina ischiadica
Ramus sup. ossis pubis
Incisura ischiadica minor
Tub. obtur. post.
Sulc. obturatorius
Tub. obtur. ant.
Facies symphyseos
Ramus inf. ossis pubis
Ramus superior ossis ischii
Tuber ischiadicum
Ramus inf. ossis ischii

Fig. 210. Rechtes Hüftbein, Os coxae, von innen ($^2/_3$).

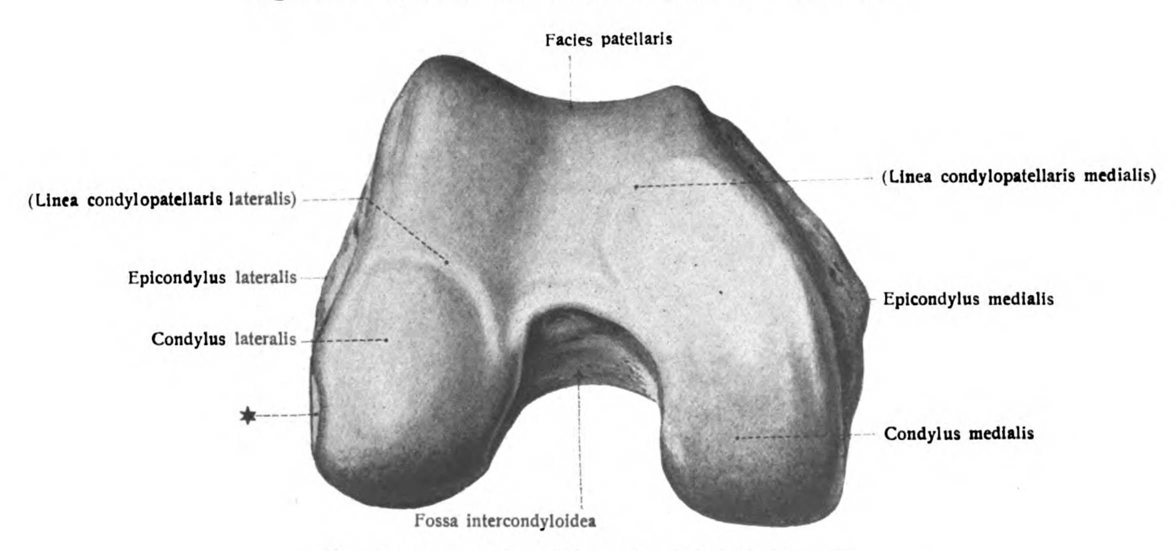


Fig. 211. Rechtes Oberschenkelbein, Femur.
Distales Stück von unten ($^1/_1$). * Einschnitt für die Sehne des M. popliteus.

vordere Begrenzung der Pfanne. Die Verbindungsstelle mit dem Darmbein ist oben durch einen flachen Vorsprung ausgezeichnet, Eminentia iliopectinea. In seltenen Fällen ist hier ein Dorn.

Der Ramus superior geht verschmächtigt aus dem Körper hervor und wird medianwärts breit und hoch. Er hat drei Flächen und drei Kanten. Die obere Fläche ist in horizontaler Richtung konkav, in vertikaler konvex. Die hintere Fläche ist glatt, in horizontaler Richtung leicht konkav. Die untere Fläche trägt eine breite, schräg medianwärts laufende Furche, Sulcus obturatorius. Die obere Kante ist scharf und bildet den Schambeinkamm, Pecten ossis pubis. Der hintere Rand, Crista obturatoria post., läuft medianwärts in den vorderen Rand des Foramen obturatum aus und trägt an seinem Ende das Tuberculum obturatorium anterius. Der vordere Rand, Crista obturatoria ant., läuft rückwärts in den hinteren Rand des Foramen obturatum, vorwärts in einen Höcker aus, gegen den auch der Pecten hinzieht: Tuberculum pubicum. Vom Tuberculum bis zum medialen Rand, d. h. bis zur Facies symphyseos beträgt die Entfernung etwa 2 cm.

Derjenige kurze Knochenteil, welcher vom Ende der Symphysenfläche lateral abwärts und rückwärts zieht, um die Verbindung mit dem Sitzbein einzugehen, ist der Ramus inferior ossis pubis. Er steht mit dem gleichnamigen Ast des Sitzbeins in Verbindung.

Das Becken, Pelvis. Figg. 212—217.

Die Hüftbeine bilden zusammen mit dem Kreuzbein einen knöchernen Ring, das Becken. Die beiden Schambeine stoßen vorn in der Symphyse, Symphysis ossium pubis, zusammen. Die auseinander weichenden unteren Schenkel der Schambeine bilden den beim männlichen Geschlecht meist spitzen Angulus pubis, beim weiblichen den stumpfen Arcus pubis. Das Becken kann durch eine Linie, Linea terminalis, welche vom Promontorium längs der Linea arcuata des Darmbeins zum Pecten ossis pubis und bis zum oberen Rand der Symphyse geführt wird, in zwei Abteilungen zerlegt werden, in das große und in das kleine Becken, Pelvis major, Pelvis minor.

An der Linea terminalis sind jederseits drei Teile zu unterscheiden: Pars sacralis, Pars iliaca und Pars pubica.

Das große Becken ist nur seitlich und hinten von Knochen umschlossen. Das kleine Becken verengt sich abwärts und ist viel vollständiger von Knochen begrenzt. Durch die vorhandenen starken Bänder wird insbesondere der seitliche, aber auch der hintere Abschluß vervollständigt und die untere Öffnung in ihrer Form stark beeinflußt.

Der Eingang in das kleine Becken, Beckeneingang, Apertura pelvis [minoris] superior, die Beckenhöhle mit ihren Wänden, ebenso der Beckenausgang, Apertura pelvis [minoris] inferior, sind Formgebilde, welche bei beiden Geschlechtern, insbesondere aber beim weiblichen, eine große Rolle spielen, denn der Körper des zu gebärenden Kindes hat diesen Raum zu durchlaufen, um an die Außenwelt zu gelangen. Aber auch abgesehen von dieser Bedeutung des Hohlraumes und seiner Wände kommt dem Becken eine große Wichtigkeit zu, wie sich schon aus dem Umstande ergibt, daß es den mit dem Kreuzbein verbundenen Gürtel der unteren Extremitäten darstellt.

Bei den Quadrupeden hat der Beckengürtel eine andere Richtung zur Wirbelsäule als beim Menschen. Der Beckenkanal und das Becken liegen bei jenen fast horizontal. Mit der Erhebung des Menschen zu aufrechter Stellung gewann nicht auch das Becken eine der Vertikalen zustrebende Richtung; denn sein Kanal steht keineswegs vertikal, sondern in einer viel geringeren Neigung zum Horizonte. Denjenigen Winkel, welchen die Ebene des Beckeneinganges mit der Horizontalen bildet, nennt man die Beckenneigung, Inclinatio pelvis. Er wird so gemessen, daß bei aufrechter Stellung eine Linie vom Promontorium zum oberen Rand der Schamfuge gezogen und verlängert wird, bis sie eine in der Medianebene gelegene Horizontale schneidet; der vorliegende, nach hinten offene Winkel ist der Neigungswinkel. (Fig. 216.) Er beträgt beim männlichen Becken durchschnittlich 55, beim weiblichen 60 bis 65°. Der Neigungswinkel des weiblichen Beckens erinnert daher an primitivere Zustände. Dabei ist zu bemerken, daß der Neigungswinkel veränderlich ist mit der Spannung von Bändern, welche das Becken an den Schenkelbeinen befestigen (s. Bänderlehre).

Beckenlinien.

Größe und Gestalt von Beckeneingang und Beckenausgang des weiblichen Beckens sind von großer Bedeutung für den Durchtritt des Kindes bei der Geburt. In der Lehre von der Geburt werden bestimmte Messungslinien angewendet, deren Verlauf, Bezeichnung und Länge der Studierende sich schon jetzt einprägen sollte.

a) Linien des Beckeneinganges. Figg. 216, 217.

1. Conjugata[1]) vera, gerader Durchmesser des Beckeneinganges (11 cm), ist die kürzeste Linie zwischen Promontorium und Symphyse.

Sie entspricht in der Regel der Medianlinie, trifft jedoch nicht den oberen Rand der Symphyse, sondern die dorsale Fläche der Symphyse unterhalb des oberen Randes; dagegen verläuft die Conjugata anatomica von der Mitte des Promontoriums zur Mitte des oberen Randes der Symphyse. Die Normalconjugata, Conjugata normalis, H. v. Meyers ist die Verbindung zwischen Innenrand der oberen Symphysenfläche mit dem „Kreuzbeinknick", der gewöhnlich in der Mitte des dritten Kreuzwirbels liegt.

1a. Conjugata diagonalis ist die Verbindungslinie des Scheitels des Schambogens mit dem zunächst liegenden Punkte des Promontoriums. Sie kann am lebenden Weibe direkt gemessen werden und ist deshalb von großer praktischer Bedeutung. Sie ist 1,75—2 cm länger als die Conjugata vera.

2. Diameter transversa, querer Durchmesser des Beckeneinganges (13,5 cm), ist die Verbindungslinie zweier am weitesten voneinander entfernter symmetrischer Punkte der Linea terminalis.

Sie liegt meist an der Grenze des dorsalen und des mittleren Drittels des Beckeneinganges unmittelbar dorsal von der Hüftgelenkpfanne.

3. Diameter obliqua prima, erster oder rechter schräger Durchmesser (12,5 cm), ist die Verbindungslinie der Stelle, wo die Art. sacroiliaca dextra die Linea terminalis kreuzt, mit der Eminentia iliopectinea sinistra.

4. Diameter obliqua secunda, zweiter oder linker schräger Durchmesser (12,5 cm), ist die Verbindungslinie der Stelle, wo die Art. sacroiliaca sinistra die Linea terminalis kreuzt, mit der Eminentia iliopectinea dextra.

b) Linien des Beckenausganges. Fig. 216.

1. Gerader Durchmesser des Beckenausganges, Conjugata des Beckenausganges (11,5 cm), verläuft von der Steißbeinspitze zum Scheitel des Schambogens.

---

[1]) Conjugata = Axis conjugata ist die kleine Axe der Ellipse. Die Bezeichnung ist vergeben durch Roederer (Elementa artis obstetricae Goettingae 1753), der die Ebene des Beckeneinganges als Ellipse ansah.

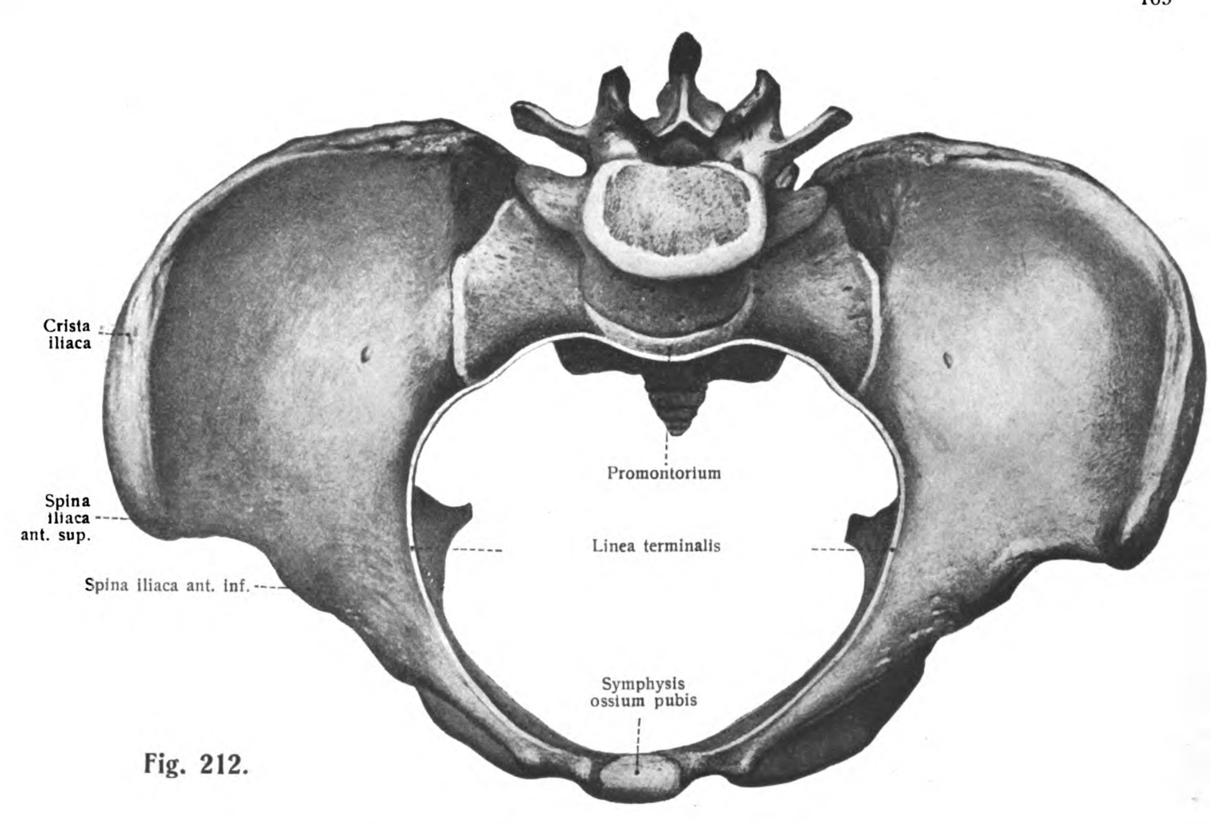


Fig. 212.

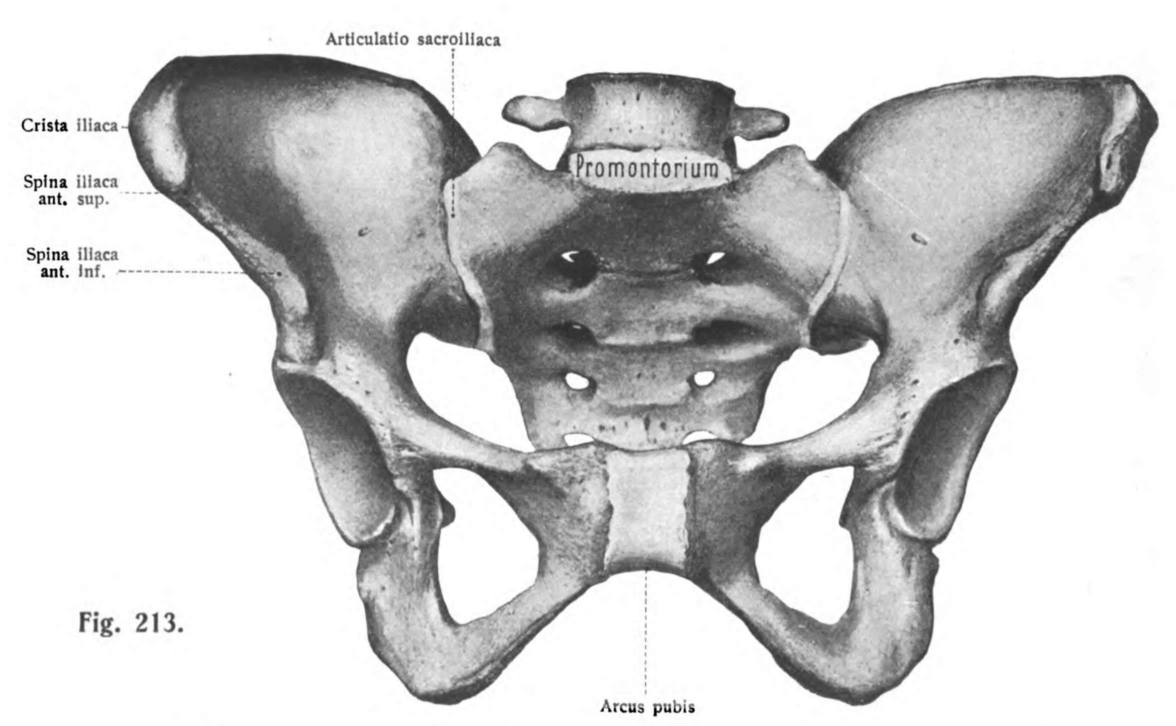
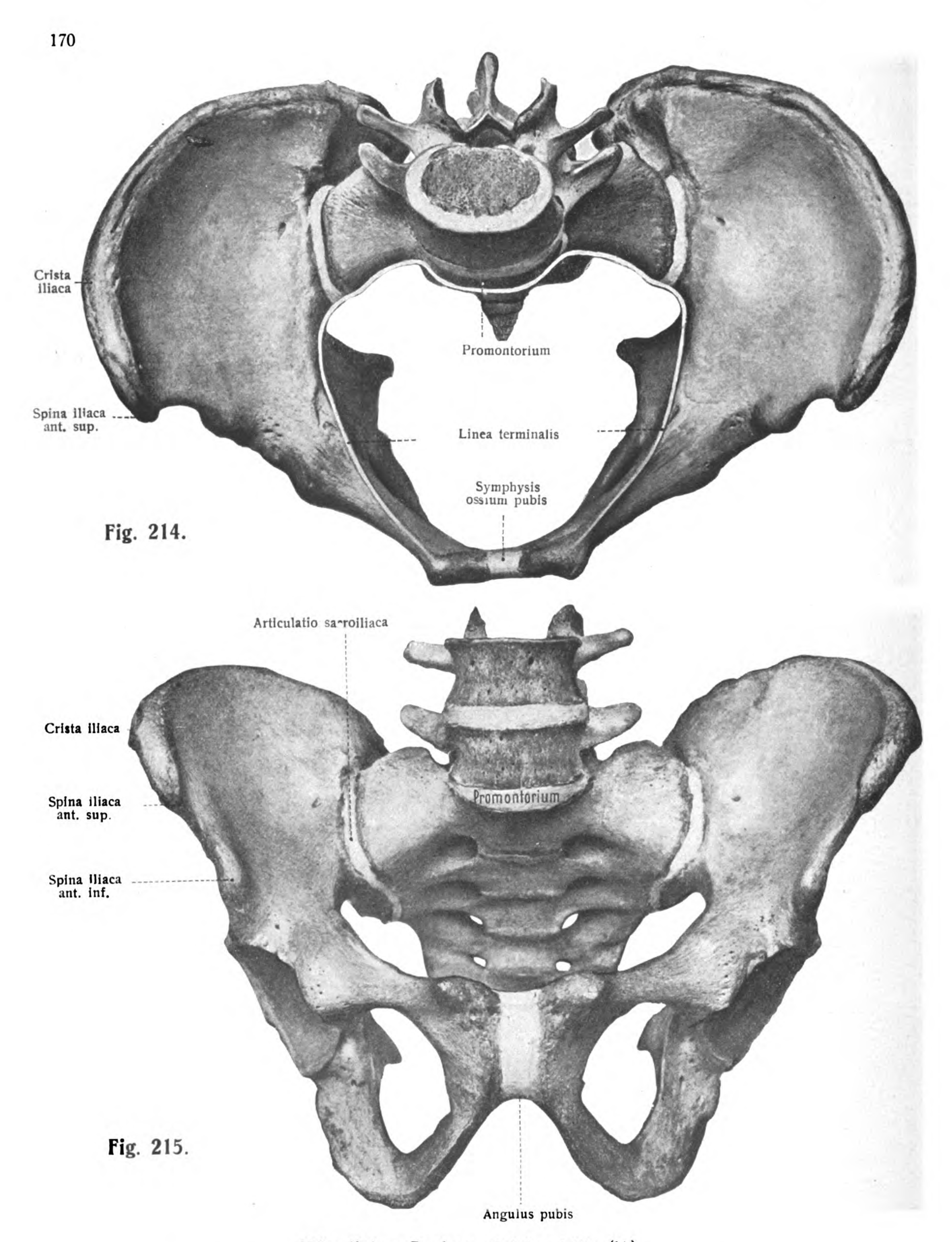


Fig. 213.

Weibliches Becken, Pelvis muliebris ($^1/_2$). Fig. 212 von oben und vorn. Fig. 213 von vorn.
In Fig. 213 ist die Linea terminalis durch eine weiße Grenzlinie hervorgehoben.
(Nach einem Präparat von **H. Virchow.** Bandscheiben, Symphyse, Art. sacroiliaca in natürlicher Dicke ergänzt.



Männliches Becken, Pelvis virilis (1/2).

Fig. 214. Ansicht von oben und vorn. Fig. 215. Ansicht von vorn.

In Fig. 214 ist die Linea terminalis durch eine weiße Grenzlinie hervorgehoben.

(Nach einem Präparat von **H. Virchow.** Bandscheiben, Symphyse, **Art.** sacroiliaca in natürlicher Dicke ergänzt.)

2. Querer Durchmesser des Beckenausganges (11 cm) verläuft zwischen den beiden Sitzbeinhöckern.

c) Beckenaxe, Axis pelvis. Fig. 216.

Verbindet man die Mittelpunkte der geraden Durchmesser durch eine Linie, die der Kreuzbeinkrümmung parallel in der Mitte des kleinen Beckens (also nach vorn konkav) verläuft, so erhält man die Beckenaxe, Axis pelvis, oder Führungslinie des Beckens.

Außer dem Beckeneingang und Beckenausgang unterscheidet man noch die Beckenweite, welche geht durch den Mittelpunkt des Acetabulum, die Synostose zwischen 2. und 3. Kreuzwirbel

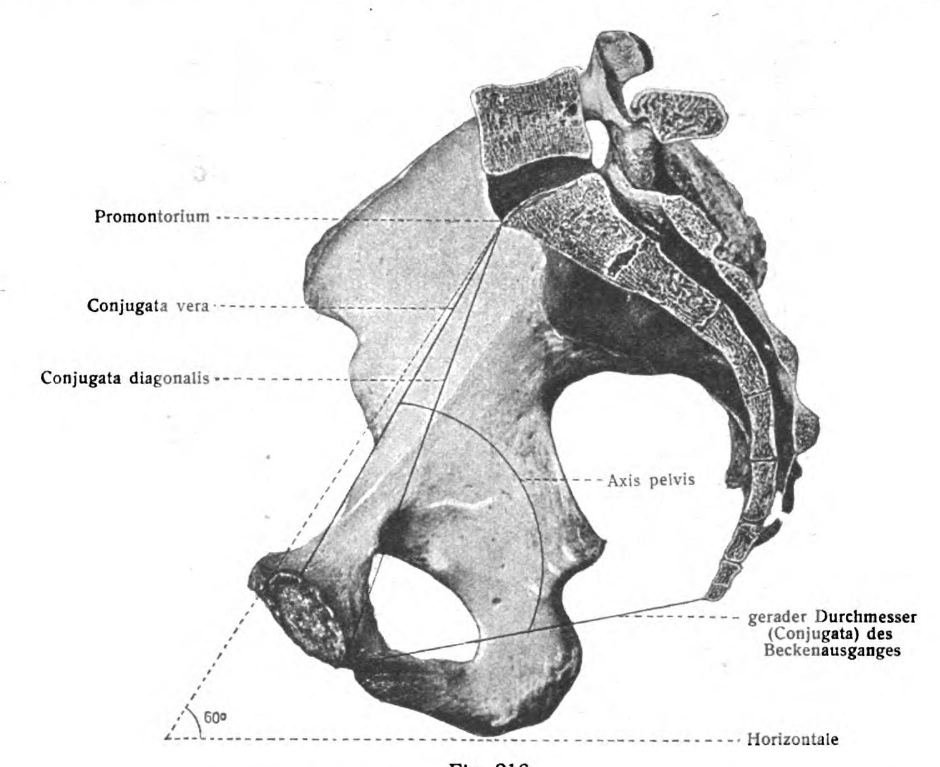


Fig. 216.

Medianschnitt des weiblichen Beckens mit Angabe der Beckenaxe und der Beckenneigung.

und Mitte der Symphyse, sowie die Beckenenge, die bestimmt wird durch die Spitze des Kreuzbeins, die Spitzen der linken und rechten Spina ischiadica und den Scheitel des Angulus pubis.

Nach den Messungen von Nägeli steht bei einer großen Anzahl wohlgebildeter weiblicher Körper die Basis des Kreuzbeins etwa 9 cm über dem oberen Symphysenrand.

Auf die Gestalt des Beckeneinganges hat die Länge des Promontorium bedeutenden Einfluß. Man unterscheidet in dieser Hinsicht Becken mit hochstehendem und Becken mit tiefstehendem Promontorium (Froriep).

Geschlechtsverschiedenheiten.

Außer individuellen, Alters- und Rassenverschiedenheiten gibt es auch noch Geschlechtsverschiedenheiten des Beckens, welche schon in früher Altersstufe und bei allen Rassen sich bemerklich machen. Am weiblichen Becken sind die Knochen dünner und glatter. Die Darmbeine sind flacher ausgearbeitet. Der Beckeneingang ist queroval, oft fast kreisförmig. Das Vorgebirge springt flacher vor, die Höhe der Schamfuge ist geringer, der Winkel, welchen die unteren Äste

beider Schambeine bilden, ist beim Weib größer und wird zum Schambogen, Arcus pubis; der Abstand beider Sitzknorren ist größer, das Foramen obturatum mehr dreieckig und unten verschmälert. Beim Mann ist das Becken seitlich mehr zusammengedrückt, seine Höhe größer. Das Foramen obturatum des Mannes ist oval. Im ganzen sind Höhe und Enge die Merkmale des männlichen, Kürze und Weite die Merkmale des weiblichen Beckens.

Nach den Untersuchungen von Shiino (Zeitschr. Morph. u. Anthrop. 17. Bd. 1914) steht beim weiblichen Becken die Hüftpfanne etwas mehr frontal als beim Manne, ferner ist die Tiefe der Pfanne sowohl absolut als auch relativ zum Krümmungshalbmesser geringer als beim Manne.

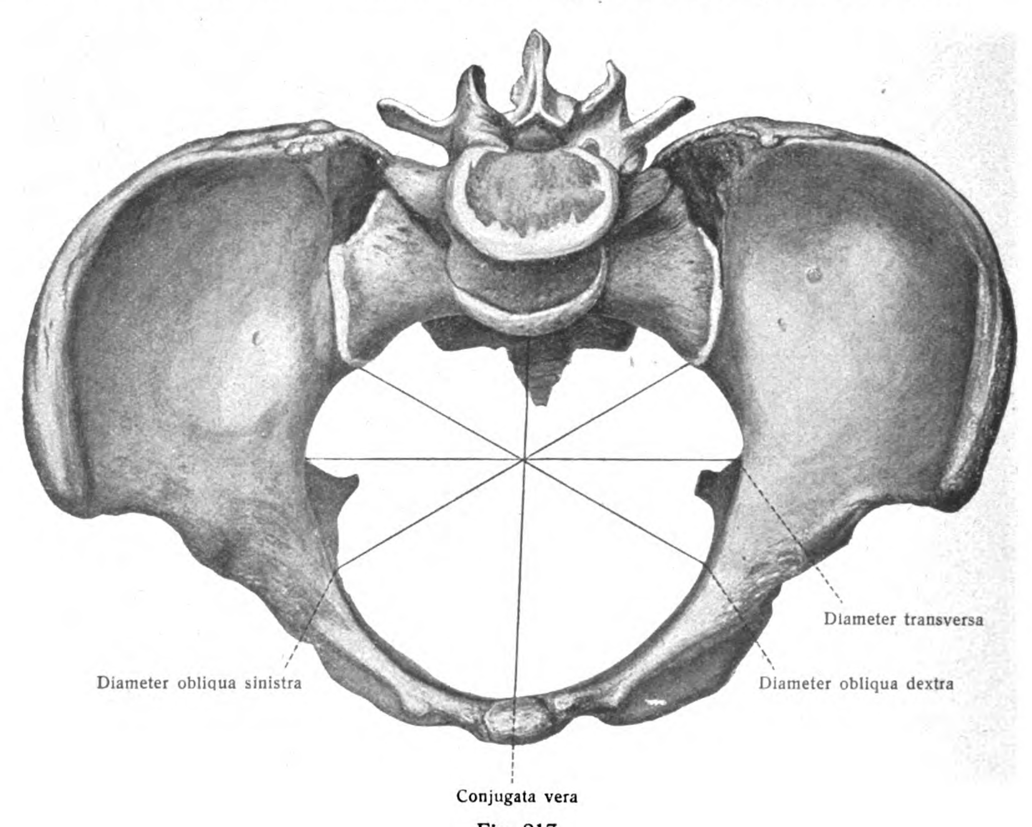


Fig. 217.
Weibliches Becken mit den gebräuchlichen Messungslinien.

β) Das Skelet der freien unteren Extremität, Sceleton extremitatis inferioris liberae.

1. Das Schenkelbein, Femur. Figg. 211, 218—220, 271.

Am Schenkelbein, dem längsten Knochen des Körpers, unterscheidet man, wie an anderen Röhrenknochen, zwei Endstücke und ein Mittelstück, auch Schaft oder Körper genannt.

Das proximale Stück zeigt den Kopf und den Hals. Der kugelige Kopf, Caput femoris, besitzt eine Gelenkfläche, die etwa $^2/_3$ eines Sphäroides entspricht, welches oben etwas abgeplattet ist.

Unter der Mitte der Gelenkfläche liegt eine rundliche Vertiefung, Fovea capitis femoris, in welcher das Ligamentum teres femoris sich ansetzt. Die seitliche Stellung des Gelenkkopfes ist am Schenkelbein entschiedener ausgeprägt als am Humerus, indem ein sehr langer Hals, Collum femoris, die Anfügung des Kopfes an den Schaft vermittelt. Der Hals hat einen geringeren

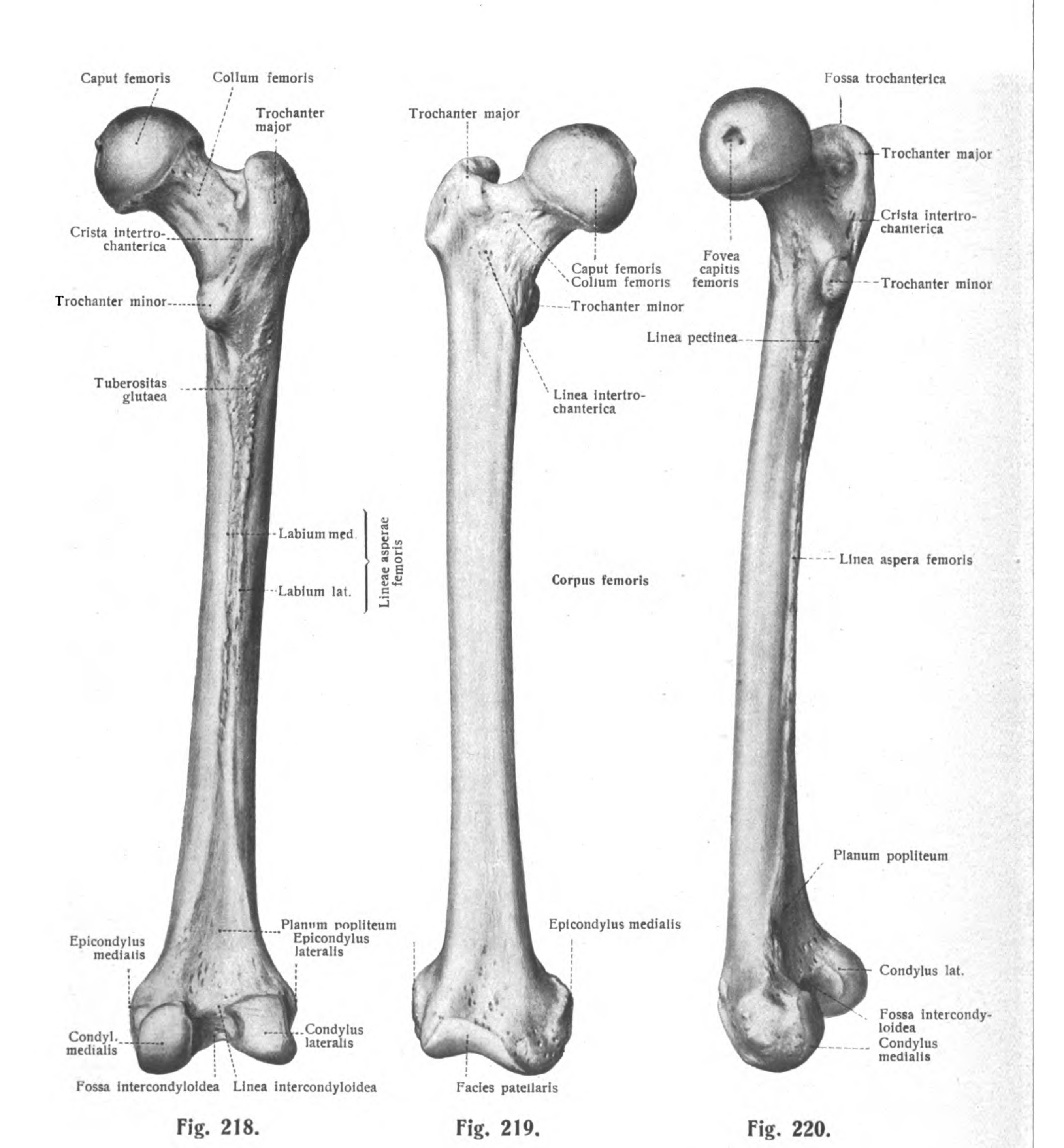


Fig. 218. Fig. 219. Fig. 220.

Rechtes Oberschenkelbein, Femur (2/5).
Fig. 218 von hinten; Fig. 219 von vorn;
Fig. 220 von innen und hinten.

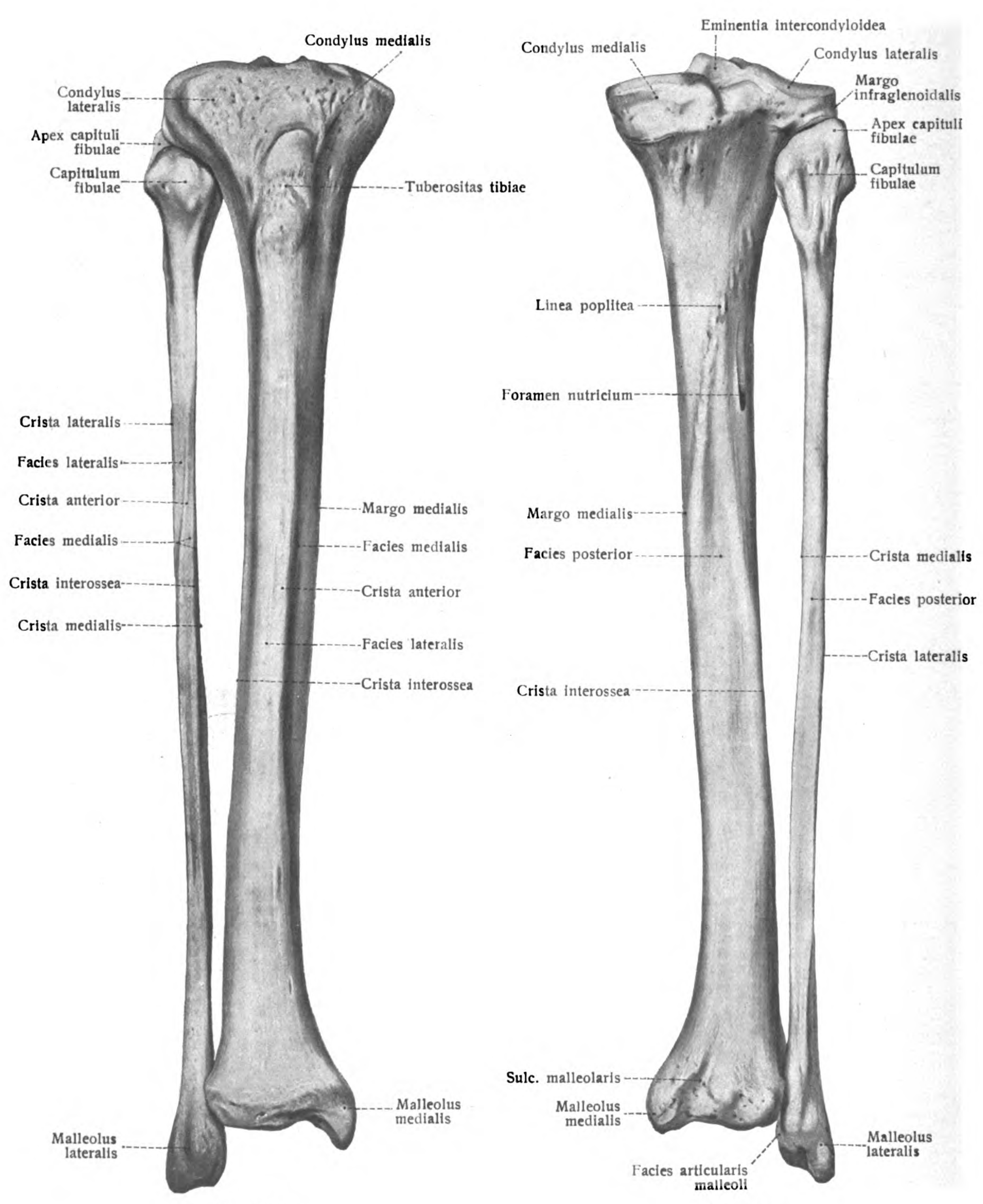


Fig. 221. **Fig. 222.**

Rechtes Schienbein und rechtes Wadenbein, Tibia, Fibula ($^{1}/_{2}$).
Fig. 221 von vorn; Fig. 222 von hinten.

sagittalen als vertikalen Durchmesser, d. h. er zeichnet sich durch seine Höhe aus, insbesondere an der Verbindungsstelle mit dem Schaft. Beides ist von hoher mechanischer Bedeutung. Jenseits des Halses, am oberen Teil des Schaftes, bedingt der Ansatz einer großen Zahl von Muskeln eine verwickeltere Gestaltung des oberen Schaftendes. Vor allem machen sich zwei mächtige Hebel, Rollhügel, bemerklich, Trochanter major und minor, welche auf der hinteren Fläche durch eine starke Knochenleiste, Crista intertrochanterica, miteinander verbunden werden. Die laterale Fläche des Trochanter major ist konvex, die kurze mediale Fläche zeigt eine Grube, Fossa trochanterica. Auf der vorderen Fläche ist die schräg median-abwärts ziehende Linea intertrochanterica sichtbar, welche unterhalb des kleinen Trochanter die hintere Fläche des Schaftes erreicht und hier weiter zieht. Lateral vom kleinen Trochanter zeigt die hintere Fläche des Schaftes die Tuberositas glutaea. Sie ist in manchen Fällen zu einer stärkeren Erhebung entwickelt, dem Trochanter tertius, welcher bei vielen Säugern beständig ist.

Der abwärts von der Trochanterengegend folgende Teil des Schaftes, Corpus femoris, ist nach vorn leicht konvex gekrümmt, verbreitert sich unten ansehnlich und geht in die beiden Gelenkknorren, Condyli femoris, über.

Der Schaft besitzt drei Flächen, eine vordere und zwei seitliche. Von den drei Kanten sind die vorderen sehr gerundet, nur die hintere bildet einen vorspringenden Kamm, Linea aspera, welcher zwei Lippen erkennen läßt, Labium laterale und mediale. Die laterale Lippe liegt in der Fortsetzung der Tuberositas glutaea und läuft nach unten zum lateralen Epicondylus; die mediale Lippe liegt in der Fortsetzung der Linea intertrochanterica und zieht zum medialen Epicondylus. Eine dritte kurze Leiste, Linea pectinea, zieht vom Trochanter minor eine Strecke weit am Schaft herunter. Die zwischen den unten auseinanderweichenden Lippen gelegene Fläche führt den Namen Planum popliteum; dieses schließt unten ab mit dem Beginn der Condylen und einer beide verbindenden Querlinie, Linea intercondyloidea. Unterhalb der Tuberositas glutaea liegt ein ansehnliches, aufwärts gerichtetes Foramen nutricium.

Die beiden Condylen sind hinten durch einen tiefen Einschnitt, Fossa intercondyloidea, voneinander getrennt. Der Condylus lateralis ist breiter als der mediale und bildet vorn einen stärkeren Vorsprung; der Condylus medialis ist höher.

Bei richtiger Stellung des Femur ragen beide Condylen aber gleichweit distalwärts. Eine einzige große Gelenkfläche erstreckt sich über die Unterfläche beider Condylen, doch kann man an ihr mehrere Teile unterscheiden. Der vordere mit einer Längsfurche versehene Teil dient zum Gleiten der Kniescheibe: Facies patellaris. Oberhalb dieser liegt eine vertiefte, nicht überknorpelte Stelle. Die Facies patellaris ist durch zwei Leisten, Linea condylopatellaris medialis und lateralis (Fig. 211) abgesetzt von den beiden seitlichen Gelenkflächen, welche verschieden gestaltet sind. Ein an der Facies patellaris zunächst angrenzendes fingerbreites Schaltstück der Gelenkfläche des medialen Condylus fehlt der Gelenkfläche des lateralen Condylus und hat eine besondere, später zu erörternde Bedeutung. Abgesehen von diesem Schaltstück sind die Gelenkflächen einander gleich und bestehen aus einem vorderen walzenförmigen und einem hinteren kugligen Bezirk, welche ineinander übergehen (H. Meyer).

Proximal von den Gelenkflächen, an den Seitenflächen der Condylen, befinden sich besondere Hervorragungen: Epicondylus medialis und lateralis.

Beim Weibe ist der Hals-Schaftwinkel des Femur weniger stumpf und nähert sich mehr einem rechten als beim Manne, dessen Hals steiler aufsteigt. Da zugleich das Becken breiter ist als beim Manne, so konvergieren die Schenkelbeine bei aufrechter Körperhaltung beim Weibe stärker nach unten, um so mehr, als seine Extremitäten zugleich eine geringere Länge besitzen.

2. Die Kniescheibe, Patella. Figg. 224, 225.

Die Kniescheibe ist ein in der Sehne des M. quadriceps femoris gelegener, abgeplatteter, dreiseitiger Knochen, dessen Spitze, Apex patellae, distalwärts gerichtet ist. Die vordere Fläche ist rauh, die hintere bildet eine überknorpelte Gelenkfläche, Facies articularis, welche durch eine senkrecht verlaufende Firste in zwei ungleiche Abschnitte geteilt wird; die laterale ist häufig die größere. Der obere Rand heißt Basis patellae.

Das sicherste Unterscheidungsmerkmal zwischen rechter und linker Patella ist die größere Dicke des medialen Teils im antero-posterioren Durchmesser.

3. Das Schienbein, Tibia[1]). Figg. 221, 222, 226—228, 272.

Das Schienbein ist der mediale und stärkere der beiden Unterschenkelknochen; er vermittelt allein die Verbindung des Oberschenkels mit dem Fußskelet.

Das proximale Stück ist breit und dick, doch überwiegt der quere Durchmesser. Es wird von zwei Knorren, Condylus lateralis und medialis, gebildet, welche hinten durch eine seichte Vertiefung geschieden sind.

Die proximale Fläche, Facies articularis superior, trägt den Oberschenkel unter Einschiebung von Menisken. Eine sagittal verlaufende rauhe Fläche trennt beide Gelenkflächen voneinander. Hinter der Mitte erhebt sich die rauhe Zwischenfläche zu einem Vorsprung, Eminentia intercondyloidea, während sie vor und hinter letzterer zu je einer Grube einsinkt, Fossa intercondyloidea anterior und posterior. Der höchste Punkt der Erhebung besitzt zwei stumpfe Zacken, Tuberculum intercondyloideum mediale und laterale.

Außer diesen benannten Knochenpunkten sind noch sechs Felder mehr oder weniger deutlich zu erkennen. Sie entsprechen dem Ursprung und Ansatz der Ligg. cruciata und der Menisken (s. Fig. 226).

Die distal von den Gelenkflächen befindliche, diesen angrenzende Fläche der Tibia ist fast senkrecht gestellt und wird Margo infraglenoidalis genannt. Sie geht mit stumpfen Kanten in die Seitenflächen über; der überhängende hintere Teil des Condylus lateralis besitzt unterhalb jenes Margo infraglenoidalis eine kleine ovale Gelenkfläche für die Verbindung mit dem Köpfchen des Wadenbeins, Facies articularis fibularis.

Am Margo infraglenoidalis des lateralen Condylus springt lateral-vorn ein starker Höcker vor, von französischen Autoren als Tubercule de Gerdy bezeichnet. Er entspricht dem Ansatz des Tractus iliotibialis und soll Tuberculum tractus iliotibialis genannt werden.

Hinten zeigt der Margo infraglenoidalis des lateralen Condylus eine schräg lateralwärts ziehende, mehr oder weniger tiefe Furche, in welcher die Sehne des M. popliteus verläuft.

Der Schaft der Tibia, Corpus tibiae, verschmächtigt sich distalwärts, zeigt drei Flächen und drei Kanten; die vordere, S-förmig gebogene Crista anterior, ist die schärfste. Sie beginnt oben mit einem rauhen Vorsprung, Tuberositas tibiae. Die laterale Kante, Crista interossea, dient dem Zwischenknochenband zur Anheftung. Die mediale Kante, Margo medialis, ist stumpf.

---

[1]) Richtiger Schinbein. Schin gleich skin (englisch) Haut.

Die mediale Fläche, Facies medialis, ist abgerundet und liegt dicht unter der Haut. Die laterale Fläche, Facies lateralis, trägt proximal eine lange Längsfurche, welche distal auf die vordere Fläche übergeht. Die hintere Fläche, Facies posterior, besitzt im proximalen Abschnitt eine median-distalwärts streichende rauhe Linie, Linea poplitea. Distal von der Linea poplitea führt ein großes Foramen nutricium in die Tiefe des Knochens.

Das distale Endstück, dünner als das proximale, doch ebenfalls in querer Richtung ausgedehnter, besitzt an seiner medialen Seite einen dicken, distalwärts ragenden Fortsatz, den inneren Knöchel, Malleolus medialis.

Distal trägt das distale Endstück eine viereckige, in sagittaler Richtung konkave Gelenkfläche, welche sich auf die laterale Fläche des Malleolus medialis fortsetzt: Facies articularis inferior mit Facies articularis malleolaris. Der hintere Rand der ersteren ist kürzer als der vordere. Die laterale Fläche des distalen Endstücks zeigt einen leicht gehöhlten Ausschnitt, Incisura fibularis, welche im proximalen Teil rauh, im distalen glatt ist und zur Anlagerung des Wadenbeins dient.

Einige Sehnenfurchen sind an der hinteren Fläche des distalen Endstückes ausgeprägt, am stärksten diejenigen am Malleolus medialis für die Sehnen des M. tibialis posterior und Flexor digitorum longus, Sulcus malleolaris. Weit schwächer ist die lateral gelegene Furche für die Sehne des Flexor hallucis longus.

Eine eigentümliche Formveränderung zeigen Schienbeine, deren Körper säbelscheidenartig abgeplattet ist, so daß aus der hinteren Fläche eine Kante wird. Man bezeichnet diese, bei alten und recenten Tibien vorkommende Erscheinung mit dem Namen Platyknemie.

Retzius, G., Über die Aufrichtung des fetal retrovertierten Kopfes der Tibia beim Menschen. (Zeitschr. f. Morphol. u. Anthrop. II, 1900.) Die Retroversion des Tibiakopfes und die stark abschüssige Stellung der oberen Gelenkflächen ist ein konstanter fetaler Charakter vom dritten Monate an. Postfetal findet allmählich eine Aufrichtung, Streckung statt, größtenteils in den ersten vier Monaten, also bevor das Kind gehen lernt. — Siehe ferner: Retzius, G., Über die Vererbung erworbener Eigenschaften. In Retzius' „Biologische Untersuchungen". N. Folge, Bd. VII.

4. Das Wadenbein, Fibula. Figg. 221, 222, 226, 228, 273.

Das Wadenbein (griechisch Perone) liegt an der lateralen hinteren Seite des Unterschenkels, ist fast so lang wie das Schienbein, aber viel dünner. Sein Schaft ist so gebogen, daß die Konvexität nach hinten und in der distalen Hälfte etwas tibialwärts sieht. Das proximale Ende, Capitulum fibulae, besitzt eine obere Spitze, Apex capituli fibulae, und unterhalb eine kleine ovale Gelenkfläche, Facies articularis capituli, für die Verbindung mit dem Condylus lateralis tibiae. Das distale Ende, Malleolus lateralis, ist breiter und länger als das Köpfchen und überragt den Malleolus medialis. Seine mediale Fläche besitzt eine dreiseitige Gelenkfläche, Facies articularis malleoli, zur Anlagerung an das Sprungbein. Die hintere Fläche des Malleolus lateralis ist gefurcht für die Sehnen der Wadenbeinmuskeln.

Der Schaft, Corpus fibulae, entwickelt vier Kanten, Crista anterior, lateralis, medialis und interossea. Die drei ersten begrenzen die drei Flächen, Facies lateralis, posterior, medialis. Diagonal durch letztere zieht die Crista interossea, welche proximalwärts nahe der Crista ant. liegt und sich distalwärts immer weiter von ihr entfernt. Das Foramen nutricium befindet sich in der Mitte der hinteren Fläche.

Das Skelet des Fußes, Ossa pedis.

Am Fuße kehren dieselben Abteilungen wieder, welche die Hand besitzt, eine proximale, eine mittlere und eine distale: die Fußwurzel, Tarsus, der Mittelfuß, Metatarsus, und die Zehen, Digiti ossei. Von den Zehen bestehen vier aus drei Gliedern, Phalanges, die große Zehe hat nur zwei Glieder.

5. Die Fußwurzelknochen, Ossa tarsi. Figg. 223, 229—251, 260, 261, 312.

Sieben Knochen setzen die Fußwurzel zusammen, nämlich das Sprungbein, Fersenbein, Kahnbein, drei Keilbeine und das Würfelbein. Eine Reihenaufstellung ist im distalen Abschnitt deutlich ausgeprägt; die distale Reihe besteht nämlich aus den drei Keilbeinen und dem Würfelbein oder in anderer Bezeichnung aus den Tarsalia I, II, III und IV. Zwischen die proximale und die distale Reihe schiebt sich das beim Fuße erhaltene Centrale ein, das Kahnbein. Die proximale Reihe enthält das Sprungbein und das Fersenbein.

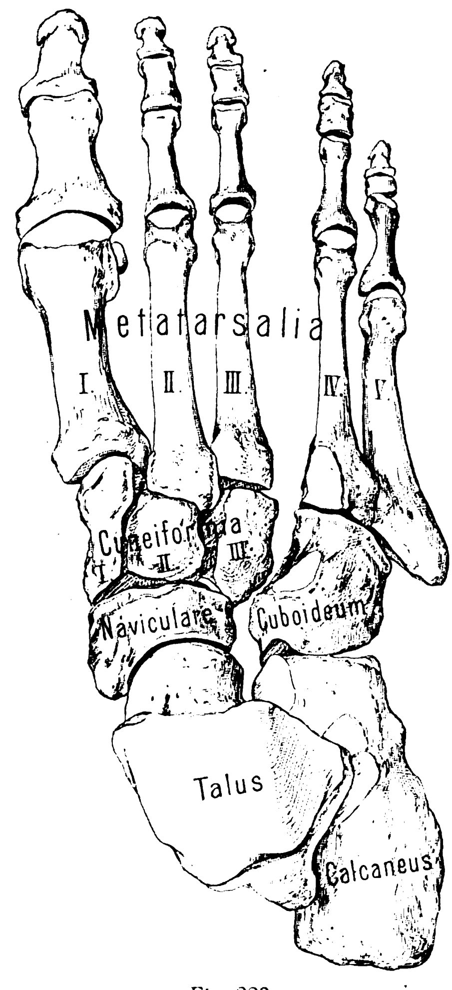


Fig. 223.

Zur Erleichterung der Anschauung und Erlernung diene die Figur 223. Sie zeigt die Tarsalia nebst den anderen Knochen des Fußes zerlegt in zwei Teile. Der eine bestehend aus Talus, Naviculare, den Cuneiformia und den Zehen 1—3 nebst ihren Metatarsalien, der andere aus Calcaneus, Cuboideum, Metatarsalia nebst Zehen 4, 5. Die proximalen Stücke dieser Reihen, Talus und Calcaneus, liegen übereinander, die distalen nebeneinander.

a) Das Sprungbein, Talus. Figg. 229, 230, 260, 261.

Es überträgt die Last des Körpers von dem Schienbein auf das Fußgewölbe, dessen Schlußstein es bildet. Seine Längsaxe ist vor-medianwärts gerichtet. Das distale Ende ist ein Gelenkkopf, Caput tali, welcher durch einen verschmächtigten Hals, Collum tali, aus dem Körper, Corpus tali, des Sprungbeins hervorgeht. Seitwärts springt der Processus lateralis tali vor, nach hinten der Processus posterior tali, welcher durch eine Rinne, Sulcus m. flexoris hallucis longi, in zwei Höcker, einen meist kleineren medialen und einen größeren lateralen geteilt wird.

Die zur Verbindung mit dem Unterschenkel dienende Gelenkfläche bildet eine Rolle, Trochlea tali, an welcher eine obere und zwei seitliche Abteilungen vorhanden sind. Erstere, Facies superior, ist in der Längsrichtung konvex, in der Quere leicht konkav, vorn breiter als hinten. Die seitlichen Gelenkflächen,

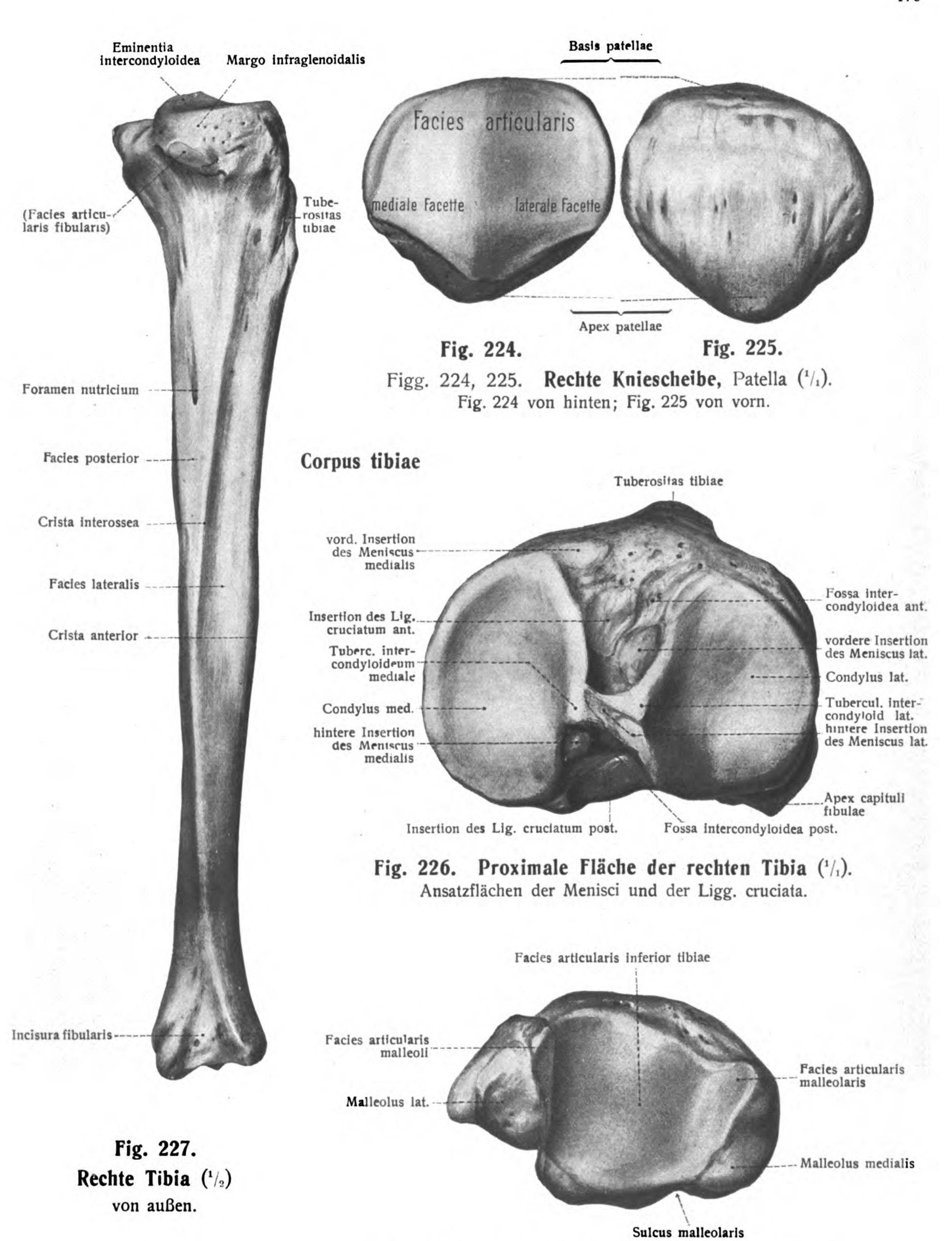


Fig. 224. **Fig. 225.**

Figg. 224, 225. **Rechte Kniescheibe,** Patella (1/1).
Fig. 224 von hinten; Fig. 225 von vorn.

Fig. 226. Proximale Fläche der rechten Tibia (1/1).
Ansatzflächen der Menisci und der Ligg. cruciata.

Fig. 227.
Rechte Tibia (1/2)
von außen.

Fig. 228. Distale Gelenkflächen der rechten Tibia und der rechten Fibula (1/1).

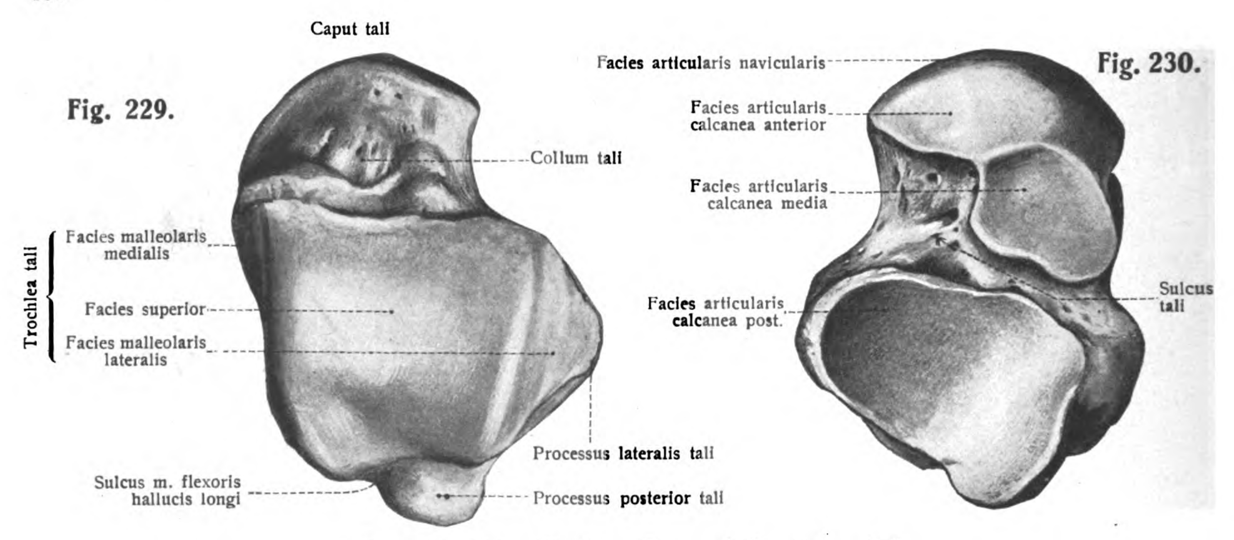


Fig. 229, 230. **Rechtes Sprungbein,** Talus (1/1)
Fig. 229 von oben; Fig. 230 von unten.

Fig. 231.
Facies articularis posterior
Facies articularis media
Facies articularis anterior
Facies articularis cuboidea
Sustentaculum tali
Sulcus m. flexoris hallucis longi
Corpus calcanei
Tuber calcanei

Fig. 232.
Facies articularis anterior
Facies articularis media
Sulcus calcanei
Sustentaculum tali
Facies articularis posterior
Corpus calcanei

Figg. 231, 232. **Rechtes Fersenbein,** Calcaneus (1/1).
Fig. 231. Mediale Fläche.
Fig. 232. Obere Fläche.

Facies articularis posterior
Facies articularis media
Corpus calcanei
Tuber calcanei
Processus lateralis tuberis calcanei
Processus trochlearis
Sulcus m. peronaei

Fig. 233. Rechtes Fersenbein, Calcaneus (1/1); laterale Fläche.

Facies malleolares lateralis et medialis, sind dreiseitig, die laterale ist ausgedehnter als die mediale. Die Gelenkfläche des Kopfes, Facies articularis navicularis, ist kugelig und lagert sich an die Pfanne des Kahnbeins. Die unteren Gelenkflächen vermitteln die Verbindung mit dem Fersenbein. Es sind drei, Facies articularis calcanea anterior, media und posterior, für entsprechende Gelenkflächen des Calcaneus. Zwischen der mittleren und der hinteren befindet sich eine tiefe, lateralwärts sich verbreiternde Furche, Sulcus tali, welche mit dem entsprechenden Sulcus calcanei den Sinus tarsi bildet.

Der laterale (meist größere) Höcker des Processus post. tali oder mitunter nur ein Teil dieses Höckers ist zuweilen vom Körper abgetrennt und stellt alsdann ein selbständiges Tarsalelement dar, das, schon früheren Untersuchern bekannt, durch v. Bardeleben Os trigonum genannt wurde. Nach Stieda (Anat. Anz. 4. Bd. 1889) kommt es bei Erwachsenen in etwa 6 Proz. vor.

Es ist nicht, wie v. Bardeleben meinte, ein Intermedium sondern eine selbständig gewordene Apophyse des Proc. post. tali. (Hasselwander. Zeitschr. Morph. Anthrop. 18. Bd. 1914, und Zeitschr. f. Konstitutionslehre 8. Bd. 1921.)

b) Das Fersenbein, Calcaneus. Figg. 231—233, 260, 261, 312.

Das Fersenbein ist der größte Knochen des Fußes und nimmt dessen hintere untere Abteilung ein. Der den Talus hinten überragende Teil bildet die knöcherne Stütze der Ferse, Calx. Sein Längsdurchmesser verläuft vor-lateralwärts. Oben steht der Körper, Corpus calcanei, mit dem Sprungbein, vorn mit dem Würfelbein in Gelenkverbindung.

Das hintere verdickte Ende, Fersenhöcker, Tuber calcanei, hat unten zwei Vorsprünge, Processus medialis und Processus lateralis tuberis calcanei, welche auf dem Boden ruhen.

Die hintere Fläche des Tuber ist unten rauh, zur Anheftung der Achillessehne, oben glatt, zur Anlagerung eines Schleimbeutels. Die untere Fläche ist vor den beiden Processus rauh und besitzt in der Nähe ihres vorderen Endes einen geglätteten stumpfen Höcker. Die vordere Fläche ist eine Gelenkfläche, Facies articularis cuboidea, zur Anlagerung des Würfelbeins. Die laterale Fläche steht fast senkrecht und zeichnet sich durch einen im vorderen Drittel gelegenen Vorsprung, Processus trochlearis, und eine unter und hinter ihm gelegene Furche, Sulcus m. peronaei, aus, welche zum Gleiten der Sehne des langen Wadenbeinmuskels dient. Die mediale Fläche besitzt einen stark ausladenden Vorsprung, Sustentaculum tali, und unter diesem eine deutliche Furche, Sulcus m. flexoris hallucis longi, für die Sehne des M. flexor hallucis longus. Die obere Fläche fällt in ihrer vorderen Hälfte steil nach unten ab und besitzt drei Gelenkflächen, Facies articularis anterior, media, posterior, zur Artikulation mit den entsprechenden Flächen des Talus. Zwischen der mittleren und hinteren befindet sich der Sulcus calcanei, welcher mit dem Sulcus tali den lateralwärts trichterförmig sich erweiternden Sinus tarsi bildet.

An der unteren Fläche des Calcaneus findet sich in einer Anzahl von Fällen ein distal gerichteter Fortsatz „Calcaneussporn". Er geht aus von der distalen Kante des Proc. medialis, wo der Abductor digiti V, Flexor digitorum brevis und die Aponeurosis plantaris entspringen. H. Virchow (Berl. klin. Wochenschr. 1916) unterscheidet ihn als „Aponeurosensporn" von dem weiter distal befindlichen „Ligamentsporn", der dem Abgang des Lig. plantare longum entspricht.

c) Das Kahnbein. Os naviculare pedis (Centrale). Figg. 234, 235, 260, 261.

Das Kahnbein liegt zwischen dem Kopf des Sprungbeins und den drei Keilbeinen, hat eine hintere gehöhlte und eine vordere in drei Felder geteilte Gelenk-

fläche, eine rauhe dorsale und plantare Fläche, einen breiten abgerundeten lateralen Rand. Am schärferen medialen Rand ragt ein Höcker abwärts, Tuberositas ossis navicularis, unter welchem eine Furche verläuft.

Die Tuberositas ossis navicularis ist zuweilen ein selbständiger Knochen, welcher als Tibiale ext. bekannt ist.

d) Die drei Keilbeine, Ossa cuneiformia. Figg. 236—247, 260, 261.

Das erste oder mediale Keilbein ist das größte, kehrt seine stumpfe Schneide dorsal-, seine rauhe Basis plantarwärts. Seine mediale Fläche ist gewölbt und besitzt eine schief abwärts ziehende Furche für die Sehne des M. tibialis anterior. Die laterale Fläche ist gehöhlt und am oberen und hinteren Rand mit zungenförmigen Gelenkflächen versehen. Von den Endflächen artikuliert die kleinere proximale mit dem Naviculare, die größere distale mit der Basis des ersten Metatarsalknochens.

Das zweite und dritte Keilbein haben je eine vierseitige rauhe dorsale Fläche und eine schmale plantare Kante.

Die proximalen Flächen der drei Keilbeine liegen in ein und derselben Querebene, nicht aber die distalen. Das mittlere Keilbein ist nämlich das kürzeste und wird vom ersten und dritten überragt, welche einen Teil der Basis des zweiten Mittelfußknochens zwischen sich fassen. Deshalb zeigt die laterale Gelenkfläche des Cuneiforme I zwei durch einen niedrigen Kamm voneinander getrennte Abschnitte, einen vorderen (Fig. 238) zur Artikulation mit der Basis des Metatarsale II, einen hinteren (Figg. 238, b) zur Artikulation mit einer entsprechenden Fläche (Fig. 240, b) des Cuneiforme II. Ebenso hat das Cuneiforme III auf seiner medialen Fläche (Fig. 244) eine Gelenkfläche für das Metatarsale II. Die laterale Fläche des dritten Keilbeins verbindet sich durch eine flache Gelenkfläche (Fig. 246, e) mit dem Würfelbein und durch ein kleines, manchmal fehlendes Feld (Fig. 247, f) mit dem vierten Mittelfußknochen.

e) Das Würfelbein, Os cuboideum. Figg. 248—251, 260, 261.

Das Würfelbein liegt am lateralen Fußrand und verbindet sich durch seine hintere Fläche mit dem Fersenbein, durch seine vordere zweifeldrige Fläche mit den Basen der beiden letzten Metatarsalknochen. Die mediale Fläche zeigt ein Gelenkfeld für das dritte Keilbein (Fig. 250, e), dahinter ein unbeständiges für das Kahnbein.

Auf der unteren Fläche befindet sich ein bedeutender Querwulst, Tuberositas ossis cuboidei, auf welchem ein glattes Feld oder eine Rinne, Sulcus m. peronaei, für die Sehne des M. peronaeus longus bestimmt ist.

6. Das Skelet des Mittelfußes, Ossa metatarsalia. Figg. 252—255, 260, 261.

Die 5 Mittelfußknochen sind sämtlich Röhrenknochen mit dorsaler Wölbung, unregelmäßig geformter Basis, Basis, dreiseitigem Schaft, Corpus, und vorn abgerundetem Köpfchen, Capitulum. Der erste Mittelfußknochen ist der dickste und kräftigste, aber auch der kürzeste. Sie nehmen vom zweiten zum fünften an Länge ab.

Der erste artikuliert mit dem ersten Keilbein, manchmal auch noch mit dem zweiten Mittelfußknochen; der zweite mit den drei Keilbeinen und dem dritten Mittelfußknochen; der dritte mit dem dritten Keilbein und dem zweiten und vierten Mittelfußknochen; der vierte mit dem dritten und fünften Mittelfußknochen, dem Würfel- und dritten Keilbein (mit letzterem unbeständig); der fünfte verbindet sich endlich mit dem vierten Mittelfußknochen und dem Würfelbein.

Das tarsale Ende des ersten Mittelfußknochens (Figg. 252, 253) hat eine leicht konkave, oben breitere, unten schmale Gelenkfläche und einen plantaren Höcker, Tuberositas ossis metatarsalis I. Das tarsale Ende des fünften Mittelfuß-

Für das Os cuneiforme III. Für das Os cuneiforme II.
Für das Os cuneiforme I.
Für das Caput tali

Fig. 234.

Fig. 235.

Tuberositas ossis navicularis

Figg. 234. 235. **Rechtes Kahnbein,** Os naviculare pedis (1/1).
Fig. 234 von vorn; Fig. 235 von hinten.

Fig. 236. Fig. 237. Fig. 238. Fig. 239.

Zur Artikulation mit dem Metatarsale II.
Zur Artikulation mit der Basis des Metatarsale I.

Zur Artikulation mit der Basis des Metatarsale I. Zur Artikulation mit dem Os naviculare

Figg. 236—239. **I. Rechtes Keilbein,** Os cuneiforme I (1/1).
Fig. 236 von medial; Fig. 237 von hinten; Fig. 238 von lateral; Fig. 239 von vorn.
a und b in Figg. 237, 238 bezeichnen dieselben Gelenkflächen.

Fig. 240. Fig. 241. Fig. 242. Fig. 243.

Zur Artikulation mit Fläche b des Cuneiforme I.
Zur Artikulation mit Fläche a des Cuneiforme I.

Zur Artikulation mit dem Os naviculare Zur Artikulation mit Fläche c des Os cuneiforme III. Zur Artikulation mit der Basis des Os metatarsale II.

Figg. 240—243. **II. Rechtes Keilbein,** Os cuneiforme II (1/1).
Fig. 240 von medial; Fig. 241 von hinten; Fig. 242 von lateral; Fig. 243 von vorn.
a, b in Fig. 240 bezeichnen die Gelenkflächen, welche mit den Flächen
a, b des Cuneiforme I. Figg. 237, 238 artikulieren.

Fig. 244. Fig. 245. Fig. 246. Fig. 247.

Zur Artikulation mit dem Os cuneiforme II.
Zur Artikulation mit dem Metatarsale IV.
Zur Artikulation mit dem Os naviculare

Zur Artikulation mit dem Metatarsale II. Zur Artikulation mit dem Cuboideum Zur Artikulation mit dem Metatarsale III.

Figg. 244—247. **III. Rechtes Keilbein,** Os cuneiforme III (1/1).
Fig. 244 von medial; Fig. 245 von hinten; Fig. 246 von lateral; Fig. 247 von vorn.
Die gleichen Gelenkflächen sind mit gleichen Buchstaben bezeichnet.

Fig. 248. Fig. 249. Fig. 252.

Für das laterale Sesambein

Für das mediale Sesambein

Capitulum

Zur Artikulation mit dem Calcaneus

Sulcus m. peronaei auf der Tuberositas ossis cuboidei

Zur Artikulation mit dem Metatarsale V.

Zur Artikulation mit dem Metatarsale IV.

Corpus

Basis

Tuberositas ossis metatarsalis I.

Zur Artikulation mit dem Calcaneus

Fig. 250. Fig. 251.

Fig. 253.

Figg. 248—251. **Rechtes Würfelbein,** Os cuboideum (¹/₁).
Fig 248 von lateral; Fig. 249 von vorn; Fig. 250 von medial, e artikuliert auf Fläche e des Cuneiforme III. in Fig. 246; Fig. 251 von hinten.

Zur Artikulation mit dem Os cuneiforme I

Figg. 252, 253. **Erster rechter Mittelfußknochen,** Os metatarsale (¹/₁).
Fig. 252 von der plantaren Fläche. Fig. 253 von hinten.

Tuberositas ossis metatarsalis I.

Zur Artikulation mit dem Metatarsale II.

Zur Artikulation mit dem Metatarsale III.

Capitulum Corpus Basis

Fig. 254. III. Rechter Mittelfußknochen, Os metatarsale III (¹/₁).

Fig. 255. IV. Rechter Mittelfußknochen, Os metatarsale IV (¹/₁).

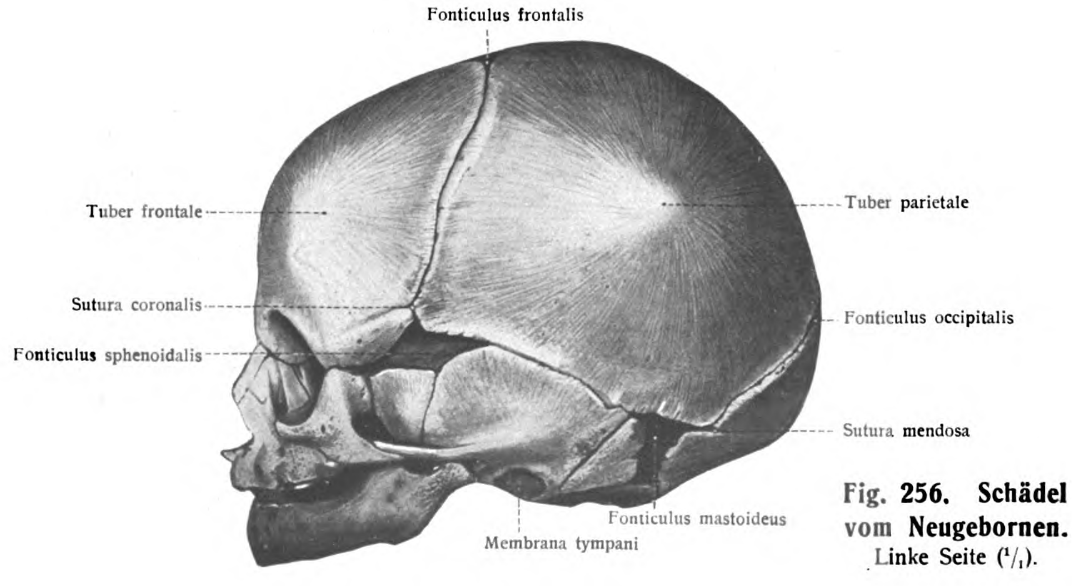


Fig. 256. Schädel vom Neugebornen. Linke Seite (¹/₁).

knochens trägt einen lateralen Vorsprung, Tuberositas ossis metatarsalis quinti. Figg. 260, 261.

Die Köpfchen der Metatarsalia II—IV sind seitlich zusammengedrückt und von kleinen Höckerchen begrenzt. Die konvexen Gelenkflächen verlängern sich walzenförmig gegen die Plantarseite und endigen in einem gespaltenen Rande. Die Schäfte sind um die Längsaxe gedreht, derart, daß die obere Fläche der Basis

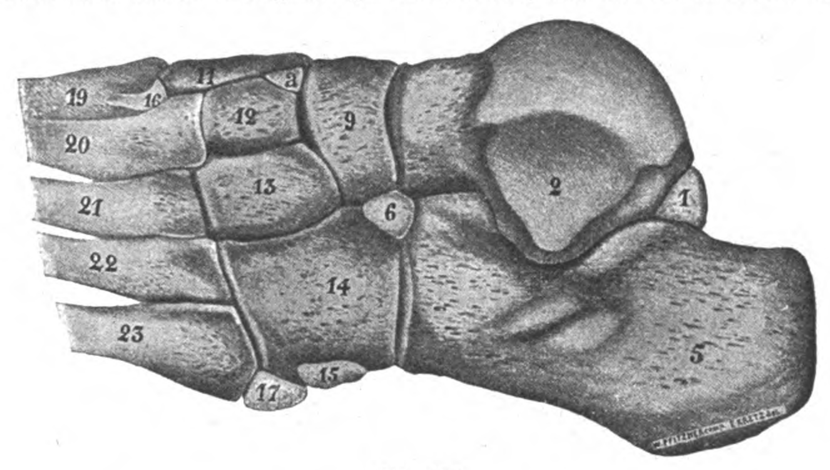


Fig. 257.

Figg. 257, 258, 259. Schemata der überzähligen Tarsalia. (W. Pfitzner, 1901.)
1 Trigonum; 2 Talus; 5 Calcaneus; 6 Calcaneus secundarius; 9 Naviculare; 11 Cuneiforme I dorsale 12 Cuneiforme II; 12a Intercuneiforme; 13 Cuneiforme III; 14 Cuboides; 15 Sesamum peronaeum; 16 Intermetatarseum; 17 Os Vesalianum; 19—23 Metatarsalia I—V.

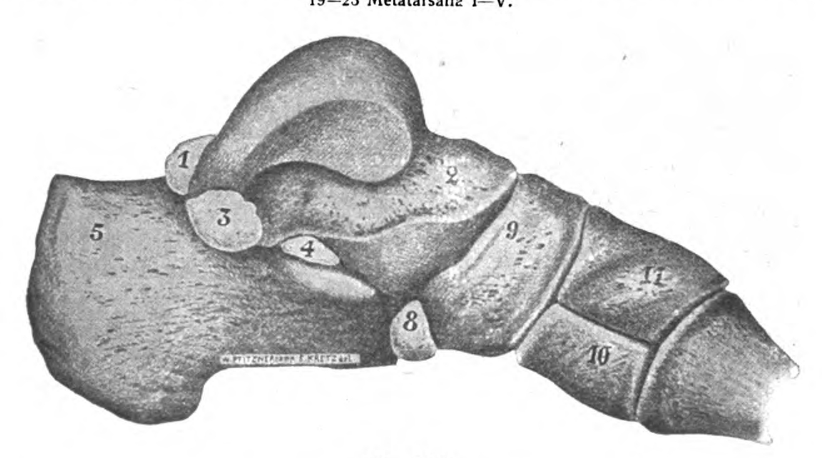


Fig. 258.

1 Trigonum; 2 Talus; 3 Talus accessorius; 4 Os sustentaculum; 5 Calcaneus; 8 Tibiale externum; 9 Naviculare; 10 Cuneiforme I plantare; 11 Cuneiforme I dorsale. (W. Pfitzner, 1901.)

zur medialen Fläche des Corpus wird. Die Größe der Drehung ist sehr verschieden. (Figg. 254, 255.) Das Köpfchen des ersten Mittelfußknochens besitzt plantarwärts eine mediane Firste, seitlich von ihr je eine flache Furche; in letzteren gleiten die Sesambeine der Articulatio metatarsophalangea I.

7. Das Skelet der Zehen, Phalanges digitorum pedis. Figg. 260, 261.

Die Zehenglieder, Phalanges, entsprechen im allgemeinen den Fingergliedern so genau, daß es genügt, auf die Unterschiede aufmerksam zu machen.

Die drei Phalangen der vier lateralen Zehen sind viel kleiner als die der homologen Finger; dagegen sind die zwei der großen Zehe stärker als diejenigen des Daumens. Die Schäfte der Phalangen der ersten Reihe sind bei den vier lateralen Zehen in der Mitte seitlich zusammengedrückt und verdünnt. Die der zweiten Reihe, besonders an der vierten und fünften Zehe, sind sehr kurz. An der kleinen Zehe sind die letzten zwei Phalangen nicht selten zu einem Stück vereinigt. Die Nagelglieder sind meist etwas größer als die Mittelglieder.

Fig. 259.

5 Calcaneus; 7 Cuboides secundarium; 8 Tibiale externum; 9 Naviculare; 10 Cuneiforme I plantare; 12 Cuneiforme II; 13*a* Proc. uncinatus; 13 Cuneiforme III; 14 Cuboides; 15 Sesamum peronaeum; 17 Os Vesalianum; 18 Pars peronaea ossis metatarsalis I; 19—23 Metatarsalia I—V. (W. Pfitzner, 1901.)

Ossa sesamoidea. Auf der Plantarfläche des ersten Metatarsophalangealgelenkes liegen zwei Sesambeine nebeneinander, welche sich in den Furchen des Köpfchens des ersten Mittelfußknochens bewegen. Kleinere Sesambeine finden sich zuweilen an den entsprechenden Gelenken der anderen Zehen. Manchmal kommt zwischen den beiden Sesambeinen der großen Zehe noch ein drittes kleineres Knöchelchen vor.

Verschmelzung. Nicht allein bei der fünften Zehe kommt manchmal eine Verschmelzung der Mittel- und Endphalanx vor, sondern in manchen Fällen auch bei der vierten Zehe (Pfitzner). Die Verschmelzung tritt in beiden Fällen wahrscheinlich schon in früher Fetalzeit ein. Sie ist aber noch nicht einmal bei der fünften Zehe zum Dauerzustande geworden; sie findet sich vielmehr erst in einem Drittel der Fälle. In fast allen Abarten des Fußskelets, so zeigte Pfitzner, hängt jede einzelne ab von dem Verhalten eines inkonstanten und rudimentären oder von der Rückbildung eines bis jetzt noch konstanten Skeletstücks.

Die Abarten des Fußskelets bieten für die Deutung und Klassifizierung viel größere Schwierigkeiten als die des Handskelets. Bei vielen von ihnen ist es hier zweifelhaft, ob sie Palingenesen oder pathologische Erscheinungen darstellen, beziehungsweise ob die stärkere Abgliederung eines Teils, eines Fortsatzes als Stehenbleiben auf früherer Stufe, als Erhaltung eines früheren Zustandes oder ob sie als progressive Ausbildung zu deuten ist. Hier haben die Untersuchungen Hasselwanders (siehe S. 161) die Entscheidung gebracht. Vor den accessorischen Elementen des Tarsus ist ein Teil sicher, wohl kaum aber alle, knorpelig selbständig angelegt und von ihren Nachbarn assimiliert worden. Wenn nun die später in ihnen auftretenden (inkonstanten) Epiphysen- bzw. Apophysen-Ossifikationszentren sich nicht synostotisch mit den „kanonischen" Elementen des Tarsus verbinden, können sie durch mechanische Beanspruchungen gelockert oder abgerissen werden. Sie sind also in der Tat abgesprengte peristierende Epiphysen.

Eine Übersicht, aus welchen Elementen sich die kanonischen Tarsalia und Metatarsalia des menschlichen Fußes aufbauen, geben die Figg. 257—259.

Virchow, H., Das Skelet eines wohlgebildeten Fußes. Verh. physiol. Ges. zu Berlin. Januar 1901. — Hasselwander, Untersuchungen über die Ossifikation des menschlichen Fußskelets. Zeitschr. Morph. Anthrop. XII. 1909. — Derselbe, Einige neue Gesichtspunkte für die Beurteilung der Skeletvarietäten des Tarsus. Zeitschr. Konstitutionslehre, 8. Bd. 1921. — Derselbe, Über die individuelle Häufung von Variationserscheinungen am Extremitätenskelet. Verh. anat. Ges. 1921.

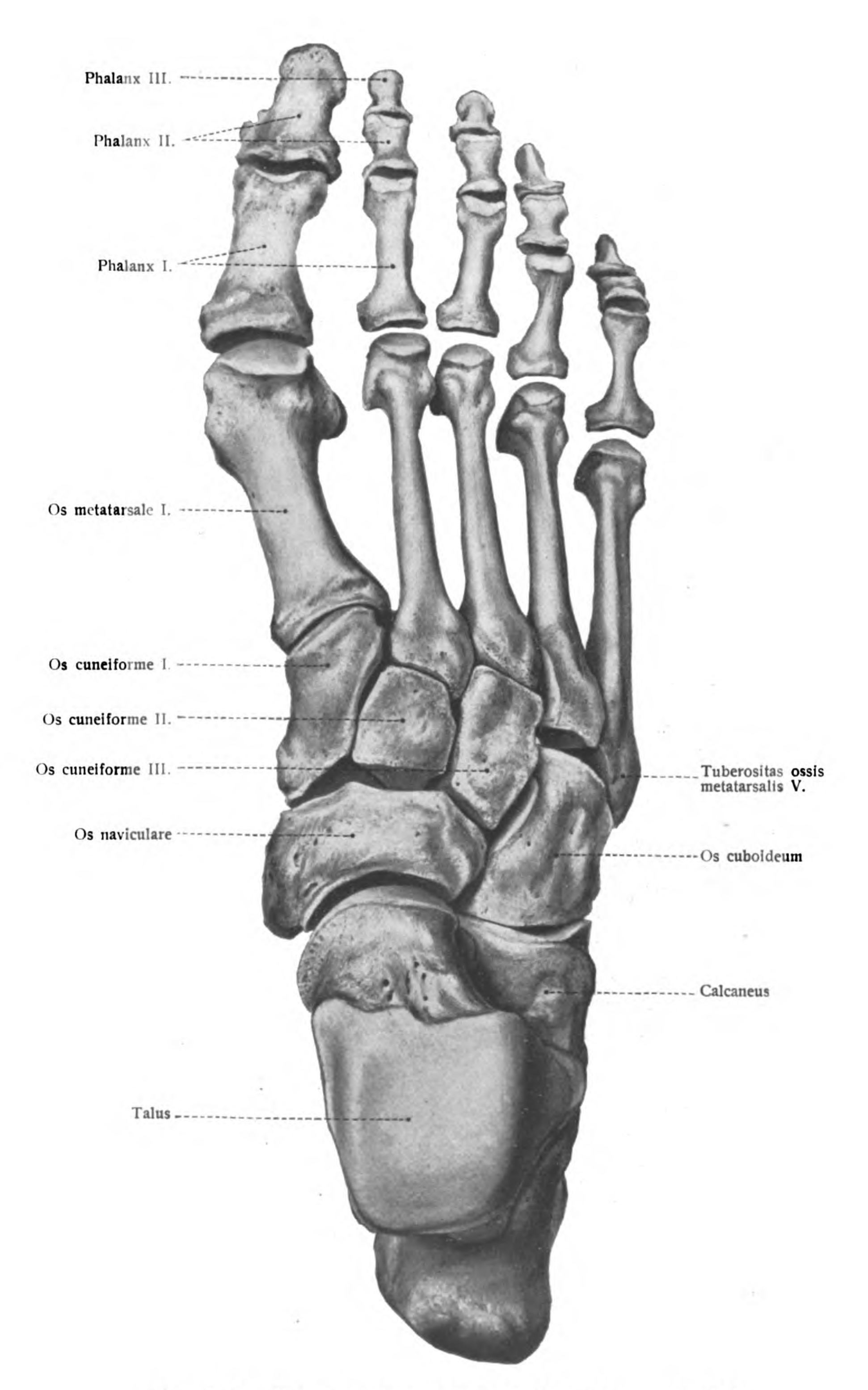


Fig. 260. Knochen des rechten Fußes, Ossa pedis ($^1/_1$).
Dorsal-Ansicht.
Originalpräparat von **H. Virchow.** (Nach dem **Gefrier-Skelet-Verfahren,** unter Erhaltung der natürlichen Abstände und der richtigen Stellung der Knochen zueinander aufgestellt.)

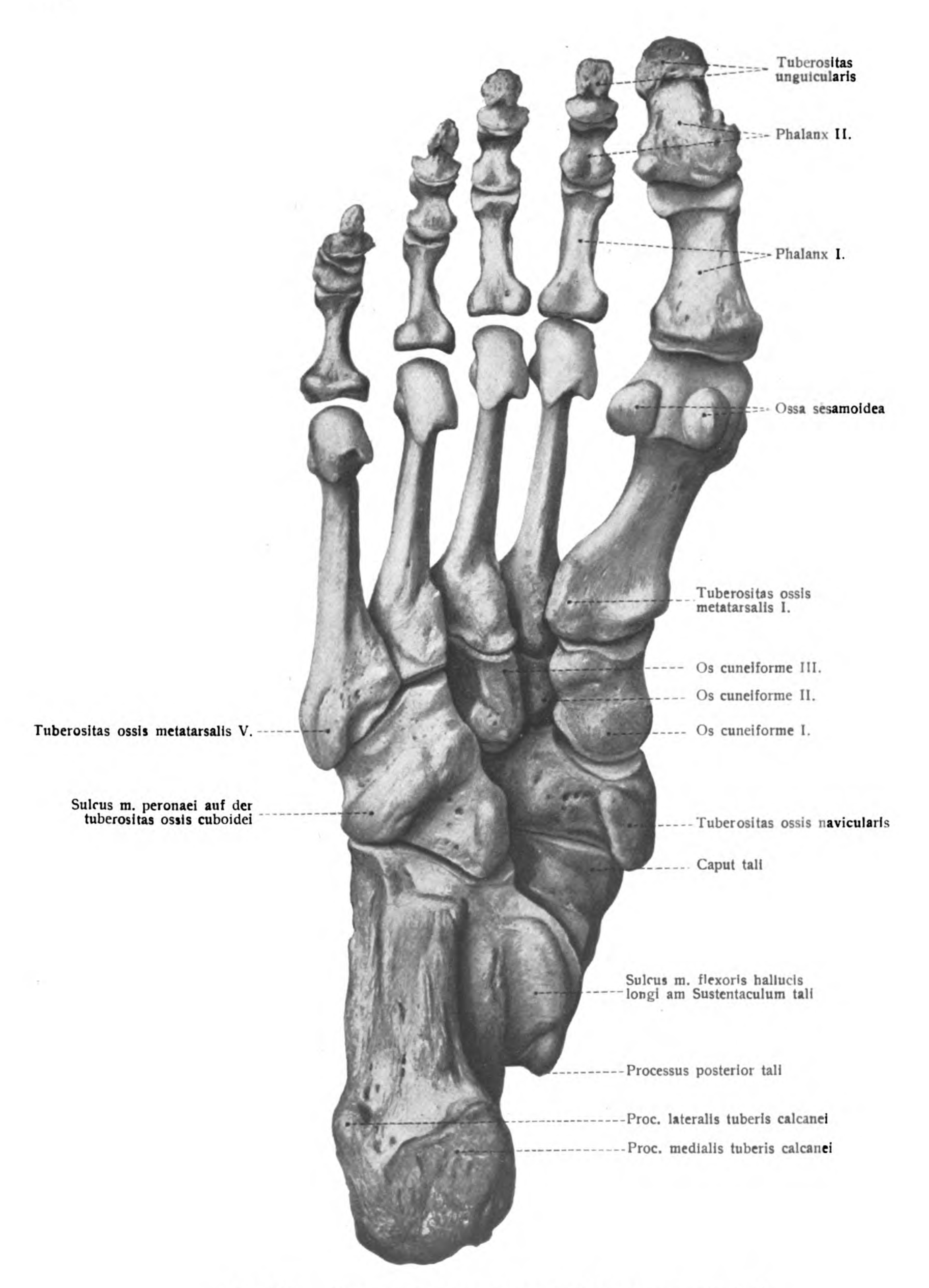


Fig. 261. Knochen des rechten Fußes, Ossa pedis ($^1/_1$).
Plantar-Ansicht.

Dasselbe Präparat wie Fig. 260. Originalpräparat von **H. Virchow.** (Nach dem **Gefrier-Skelet-Verfahren,** unter Erhaltung der natürlichen Abstände und der richtigen Stellung der Knochen zueinander aufgestellt.)

Vergleichung des Skelets der oberen und unteren Extremität.

Es liegt auf der Hand, daß die Vergleichung der beiden Skeletabteilungen nicht einfach auf Grundlage der Knochen des erwachsenen Menschen zu geschehen hat, obwohl niemand daran gehindert werden soll, auch am Erwachsenen Vergleichungen anzustellen. Wer diesen Versuch unternimmt, tut gut, nicht die obere Extremität in die Lageverhältnisse der unteren überzuführen, auch nicht letztere in die Lageverhältnisse der oberen, denn beides sind falsche Wege; sondern er wird sich bestreben, beiden Extremitäten möglichst die ursprüngliche laterale Stellung zu geben, so daß die ventralen und dorsalen Flächen, die kranialen und kaudalen Ränder der Glieder je einander entsprechen. Hier spielt also bereits die Entwicklungsgeschichte in die Vergleichung herein; aber es ist notwendig, sie im vollen Maße zu verwerten und in derselben Ausdehnung der vergleichenden Anatomie das Wort zu geben.

Auf diesen Grundlagen haben sich, wie hier nur in aller Kürze mitgeteilt werden kann, folgende Teile als Homolog herausgestellt:

Obere Extremität	Untere Extremität
Scapula im engeren Sinne	Ilium
Coracoid	Pubo-Ischium
Humerus	Femur
Radius	Tibia
Ulna	Fibula
Olecranon	fehlt
Naviculare, Lunatum	Talus
Triquetrum	Calcaneus { vorderer Teil
Pisiforme	Calcaneus { hinterer Teil
Centrale	Naviculare
Multangulum majus	Cuneiforme I
Multangulum minus	„ II
Capitatum	„ III
Hamatum	Cuboideum.

Man kann dies am besten zur Anschauung bringen, wenn man die Gefäße und Nerven von hinten präpariert.

Über dieselben Fragen sind ferner zu vergleichen:

Eisler, P., Die Homologie der Extremitäten. Biol. Centralbl., Bd. 16, 1896. — Stieda, L., Über die Homologie der Gliedmaßen der Säugetiere und des Menschen. Ebenda, Bd. 13, 1893, und an mehreren anderen Orten. — Holl, Über die Stellung der Gliedmaßen des Menschen. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. 100, Abt. III, 1891.

II. Das Skelet als Ganzes.

1. Die Lage des Skelets.

Das Skelet ist ein Teil der gesamten Bindesubstanz des Körpers und hat innerhalb derselben seine Lage. Da aber die Bindesubstanz selbst in ihrer Lage bestimmt ist und teilweise die Zwischenräume zwischen den drei medianen, den zwei seitlichen und des einen umfassenden Rohrs ausfüllt, teilweise in die von diesen Röhren erzeugten Organe eindringt, so ist auch die Lage des Skelets durch die Lage der genannten Röhren bestimmt. Die Verhältnisse erfahren dadurch noch eine Verwicklung, daß die seitlichen Röhren je in eine dorsale und ventrale Abteilung sich spalten, daß die dorsale Abteilung jeder Seite sich in eine große Anzahl von Folgestücken, Ursegmenten im engeren Sinne, gliedert und daß die ventralen Abteilungen ventralwärts streckenweise zusammenmünden. So werden neue Zwischenräume frei, welche der Bindesubstanz und daher auch

dem Skelet Raum zum Eindringen gewähren. Hier ist an frühere Angaben (Abt. I) zu erinnern und anzuknüpfen.

Bezüglich der Extremitäten liegen die Verhältnisse einfacher. Die Bindesubstanz nimmt hier den Raum ein, welchen das epidermale Rohr der Extremität und die Muskellager frei lassen, dringt jedoch in letztere selbst ein.

Die Bindesubstanzblätter des Stammes gestalten sich demgemäß in folgender, für die Wirbeltiere überhaupt geltenden Weise. Man kann ein axiales, ein septales oder intermediäres und ein peripheres Bindesubstanzlager unterscheiden (Fig. 262). Das periphere, subepidermale Lager kann dermales Blatt genannt werden. Das axiale Lager gliedert sich in das perichordale, perineurale und perigastrale oder viscerale Blatt. Das perineurale Blatt stößt dorsomedian mit dem dermalen Blatt zusammen. In Fig. 262a ist das viscerale Blatt nicht eingezeichnet, aber zwischen beide Ringe zu legen, deren innerer das Darmepithel, deren äußerer das Epithel der Leibeshöhle bedeutet. Der Zusammenhang des perigastralen Blattes mit dem perichordalen Blatt ist ebenfalls in Gedanken zu ergänzen.

Vom perichordalen Blatt geht aber auch das intermediäre oder septale Blatt aus, welches in der Figur jenseits der Leibeshöhle gelegen ist, die letztere sowie die Nieren und Keimdrüsen lateral begrenzt und ventromedian mit dem dermalen Blatt zusammenhängt.

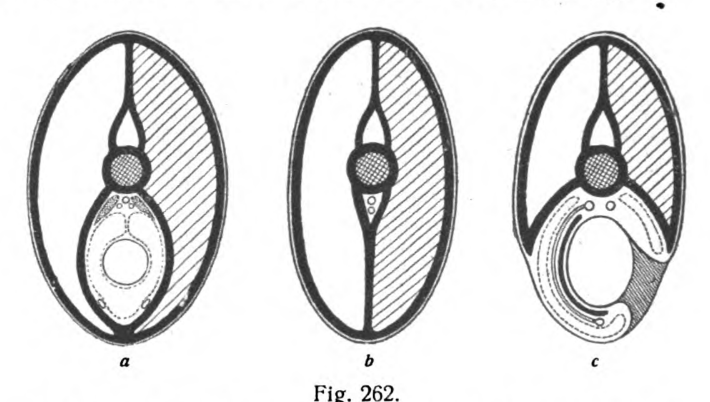


Fig. 262.

Schemata der Bindegewebsblätter der Wirbeltiere. (Nach Hatschek.)
a Querschnitt durch den Rumpf; *b* Querschnitt durch den Schwanz; *c* Querschnitt durch die Kiemenregion; derselbe ist links zwischen zwei Kiemenspalten geführt, so daß der Visceralbogen getroffen ist, rechts ist er durch eine Kiemenspalte geführt.

In der Schwanzgegend (Fig. 262b) fehlen die Leibeshöhle und die Eingeweide: intermediäres und perigastrales Bindesubstanzblatt fallen zusammen und umschließen nur noch Blutgefäße.

In der Halsgegend (Fig. 262c) ist das viscerale Blatt gezeichnet: es befindet sich zwischen Darmepithel und Epithel der Leibeshöhle; ein Blutgefäßbogen ist noch dazugefügt.

An welchem Ort und in welcher Ausdehnung nun innerhalb des Bindesubstanzlagers Knorpel und Knochen zur Differenzierung gelangen, ist im Reich der Wirbeltiere außerordentlichen Verschiedenheiten unterworfen; auf der tiefsten Stufe unterbleibt diese Differenzierung ganz: Bei allen aber kann man dem Vorausgehenden zufolge unterscheiden:

1. ein axiales (perichordales, perigastrales),
2. ein dermales.
3. ein septales Skelet, mag es häutig; teilweise knorpelig, teilweise knöchern differenziert worden sein.

Das perichordale Skelet ist bei den Säugetieren und dem Menschen gegeben durch die Wirbelkörper und denjenigen Teil der Schädelbasis, der solchen entspricht. Das perineurale Skelet ist enthalten in jenen Schädelknochen, welche dem Kiemenbogenapparat angehören: Zungenbein, Griffelfortsatz, Gehörknöchelchen, Unterkiefer.

Ein dermales Skelet kommt beim Menschen in Form von Knorpel oder Knochen im Stammskelet nicht vor, außer im Gebiet des Schädelgewölbes.

Das septale Skelet ist in allen Rippen, auch den rudimentären Rippen, sowie im Sternum vertreten. Es ist klar, daß man Rippen mit visceralen Skeletstücken nicht verwechseln darf.

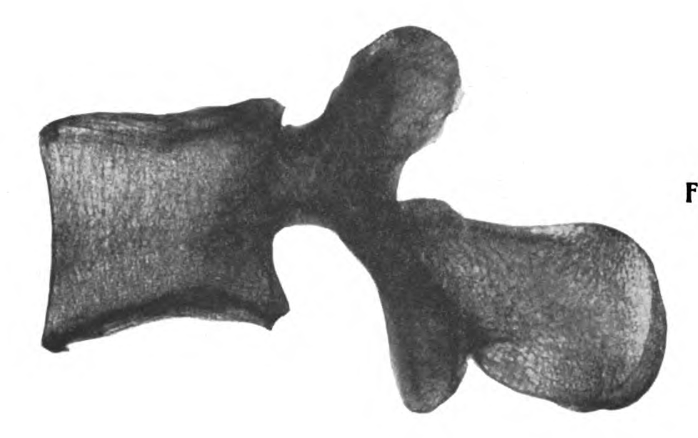


Fig. 263. Dritter Lendenwirbel,
Architektur der Spongiosa
(nach Röntgenphotographie).

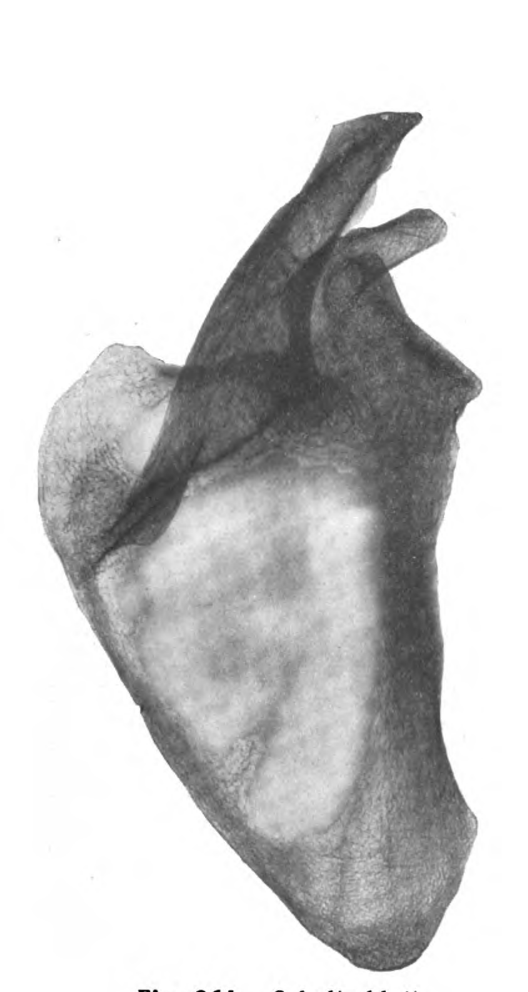


Fig. 264. Schulterblatt,
Architektur der Spongiosa
(nach Röntgenphotographie).



Fig. 265. Schlüsselbein,
Architektur der Spongiosa
(nach Röntgenphotographie).

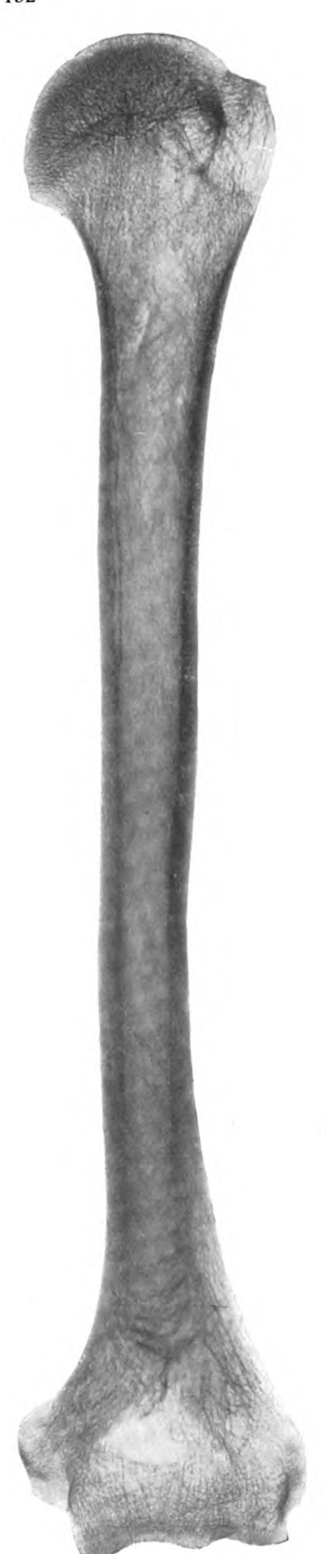


Fig. 266. Oberarmbein,
Architektur der Spongiosa
(nach Röntgenphotographie).



Fig. 267. Elle,
Architektur der Spongiosa
(nach Röntgenphotographie).



Fig. 268. Speiche,
Architektur der Spongiosa
(nach Röntgenphotographie).

Allen diesen Abteilungen steht das Extremitätenskelet als etwas Selbständiges gegenüber. Vielleicht enthalten die von den Ursegmenten in die Anlagen der Extremitäten einwandernden Muskellager zugleich auch das Material des zugehörigen Skelets; vielleicht ist das Extremitätenskelet genetisch mit cervikalen und lumbosakralen Rippen in Verbindung zu bringen; vielleicht ist es in mehr oder weniger großem Umfange als Hautskelet zu beurteilen.

2. Innere Architektur des Knochens.

Ist es nicht klar, daß ein Pferd, welches drei oder vier Ellen hoch herabfällt, sich die Beine brechen kann, während ein Hund keinen Schaden erleiden würde; desgleichen eine Katze selbst von acht oder zehn Ellen Höhe, ja eine Grille von einer Turmspitze und eine Ameise, wenn sie vom Monde herabfiele? Kleine Kinder erleiden keinen Schaden bei einem Fall, bei welchem Bejahrte sich Arm und Bein brechen. Und wie kleinere Tiere verhältnismäßig kräftiger und stärker sind als die großen, so halten sich auch die kleinen Pflanzen besser; und nun glaube ich, ist es verständlich, daß eine 200 Ellen hohe Eiche ihre Äste in voller Proportion mit einer kleinen Eiche nicht tragen könnte, und daß die Natur ein Pferd nicht in 20facher, noch einen Riesen in zehnfacher Größe ausbilden könnte, außer durch Wunder oder durch Veränderung der Proportionen aller Glieder, besonders der Knochen, welche weit über das Maß einer proportionalen Größe verstärkt werden müßten.

So spricht sich Galilei über den Einfluß der Länge und Dicke auf die Festigkeit organischer Gebilde aus. Teilweise noch eingehender ist eine spätere Stelle, welche auch eine Abbildung bringt. Die Natur kann, wie er dort hervorhebt, keine Bäume von übermäßiger Größe entstehen lassen, denn die Zweige würden schließlich durch das Eigengewicht brechen. Ebenso können Knochen nicht übergroß sein; es müßte denn die Materie fester oder die Dickenzunahme eine sehr bedeutende werden. Nur im Wasser können riesenhaftere Tiere sich ausbilden und bestehen. Es sei daher richtiger, statt von Landtieren im Gegensatz zu Wassertieren von Lufttieren zu sprechen: „denn in Luft leben sie, von Luft sind sie umgeben und Luft atmen sie".

Über die Verwendung von Hohlgebilden handelt folgende Stelle:

Zum Schluß der heutigen Erläuterungen will ich einiges über den Widerstand der hohlen festen Körper hinzufügen, deren sich die Kunst und die Natur in tausend Fällen bedient; hier wird ohne Gewichtsvermehrung die Festigkeit bedeutend gesteigert, so z. B. bei den Knochen der Vögel und bei vielen Rohren, welche leicht sind, und doch sehr bieg- und bruchfest: so daß, wenn ein Strohhalm, der eine Ähre trägt, welche schwerer ist als der ganze Halm, aus derselben Masse bestände, aber massiv wäre, er viel weniger bieg- und bruchfest sein würde[1]).

So interessant und lichtvoll diese Ausführungen sicherlich sind, und so sehr zum Zwecke ausführlicherer Studien in diesem Gebiet auf die verschiedenen Lehrbücher der theoretischen Mechanik hingewiesen werden muß, so ist als der Höhepunkt des auf diesem Feld Erreichten doch die Entdeckung der Architektur der Spongiosa zu bezeichnen.

Die Substantia spongiosa der Knochen macht, wie Hermann Meyer ausführt, im allgemeinen den Eindruck einer regellosen Häufung von Knochenbalken und Knochenplättchen, welche dicker oder dünner sein können und in bezug auf ihre Anordnung weitmaschig oder engmaschig sind. Aber es ist zu bestreiten, daß der Spongiosa nur die Bedeutung zukomme, eine solche Anordnung der Knochenmasse zu sein, in welcher diese bei größerem äußeren Umfange dennoch nicht zu schwer ins Gewicht fällt. Die Art der Anordnung der Spongiosa ist vielmehr eine solche, daß bei der in ihr gegebenen Rarefaktion der Knochensubstanz die Widerstandsfähigkeit der einzelnen Knochen in möglichst hohem Grade verbürgt ist. Die Spongiosa zeigt eine wohlmotivierte Architektur, welche mit der Statik und Mechanik der Knochen im engsten Zusammenhang steht und deswegen an demselben Ort stets in derselben Gestalt wiederkehrt. Nur derjenige Teil der Spongiosa macht hiervon eine verständliche Ausnahme, welcher als zartes Fadennetz zur Stütze des Knochenmarkes Verwendung findet. Aber nicht allein die Spongiosa zeigt diese wohlmotivierte Architektur der Bälkchen, sondern auch die Compacta; in letzterer hat nur eine von demselben Prinzip geforderte Zusammendrängung, eine Konzentration der widerstandleistenden Bälkchen am gehörigen Ort stattgefunden. Die Compacta ist motiviert zusammengedrängte Spongiosa, die Spongiosa motiviert aufgeblätterte Compacta. Der ganze Knochen besteht aus bestimmten, seiner Form, Größe und Aufgabe entsprechenden Systemen von Bälkchen, welche in ihren Verlaufsrichtungen mit freiem

[1]) Galileo Galilei, Unterredungen usw. (1638). Ostwalds Klassiker, Nr. 11, 1890.

Auge sehr wohl unterschieden werden können. Gilt dies für den einzelnen Knochen, so gilt es für das ganze Skelet. Das ganze Skelet löst sich auf in eine ungeheure Zahl einander parallel verlaufender, auseinanderweichender, zusammenströmender, sich durchkreuzender, von den Grenzen des einzelnen Knochens unterbrochener, von dem folgenden in seiner Weise wieder aufgenommener Bälckchensysteme.

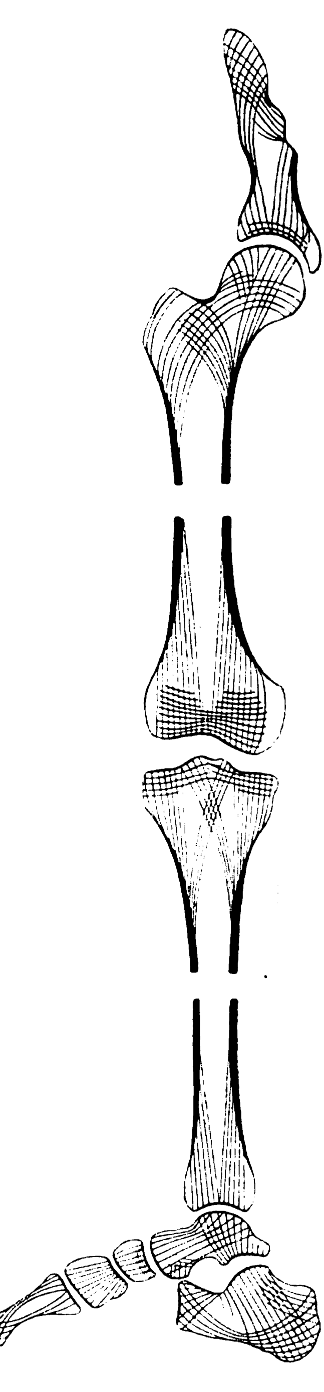


Fig. 269.

Architektur der Spongiosa der unteren Extremität. (H. Meyer, 1867.)

Man fange mit den Endphalangen der Extremitäten an und steige auf zum Stammskelet, bis hinauf in den Schädel, und man wird von der Schönheit dieses Bildes, welches das Skelet in Linienscharen auflöst, kaum in genügender Weise überrascht und geblendet sein können. Es ergibt sich daraus aber auch, daß der Knochen erst voll verstanden werden kann mit Rücksicht auf seine Leistung, auf seine Ergologie.

Jetzt erst ist die Bedeutung des Hohlraums der Röhrenknochen zur vollen Klarheit gekommen, weil das innere Verhältnis der Compacta zur Spongiosa deutlich geworden ist. Ebenso ist es verständlich, daß auch im Innern eines Knochens, innerhalb der Spongiosa, Inseln von Compacta, eine Binnendura darstellend, vorkommen können, wie es an runden und kurzen Knochen häufig der Fall ist. Der in der Mechanik so viel benutzte Grundsatz „Material aus der Mitte", weil der Dickendurchmesser so sehr ins Gewicht fällt, findet sich übrigens nicht allein an Röhrenknochen verwendet; auch an kurzen und dicken Knochen ist er überall durchgeführt, wo die architektonischen Linien es ermöglichen.

Im ganzen genommen erscheint der Knochen jetzt als ein Gebilde, welches mit möglichst wenig Aufwand an Material möglichst widerstandsfähig konstruiert ist, und zwar 1. indem das Material so auseinander gerückt ist, daß es ein größeres Volumen einnimmt als dieses im kompakten Zustande der Fall sein würde, und 2. indem die einzelnen Spaltungselemente (Plättchen, Stäbchen) so angeordnet sind, daß sie mit ihrer Längsrichtung in den Richtungen des stärksten Druckes oder Zuges liegen und somit in günstigster Weise ihre Widerstandskraft zur Geltung bringen können.

Est ist am Platze, hier das Beispiel des eingemauerten und am anderen Ende belasteten Balkens zu betrachten und seine Zug- und Drucklinien vorzuführen. Fig. 274.

Ist ein Balken an einem Ende B eingemauert, so lassen sich die Richtungen der größten und kleinsten Normalkräfte durch zwei Liniensysteme darstellen, welche die neutrale Axe unter 45 Grad und die Endfasern sowie auch einander unter 90 Grad schneiden. Die Kurven, welche unten konkav sind, entsprechen den Zug-, dagegen diejenigen, welche oben konkav sind, den Druckkräften. Die steileren Enden einer jeden Kurve entsprechen den Minimal-, dagegen die flacheren Enden den Maximalkräften. An den Enden bei D und D^1 sind diese Spannkräfte zu Null geworden, wogegen sie an den Enden C und C^1 den allergrößten Wert haben.

Kann man einen Balken aus einzelnen Stäben in den Zug- und Drucklinien aufbauen, so werden dadurch die scherenden Kräfte beseitigt und zugleich dem Zuge und Drucke der Last die höchsten Widerstände ge-

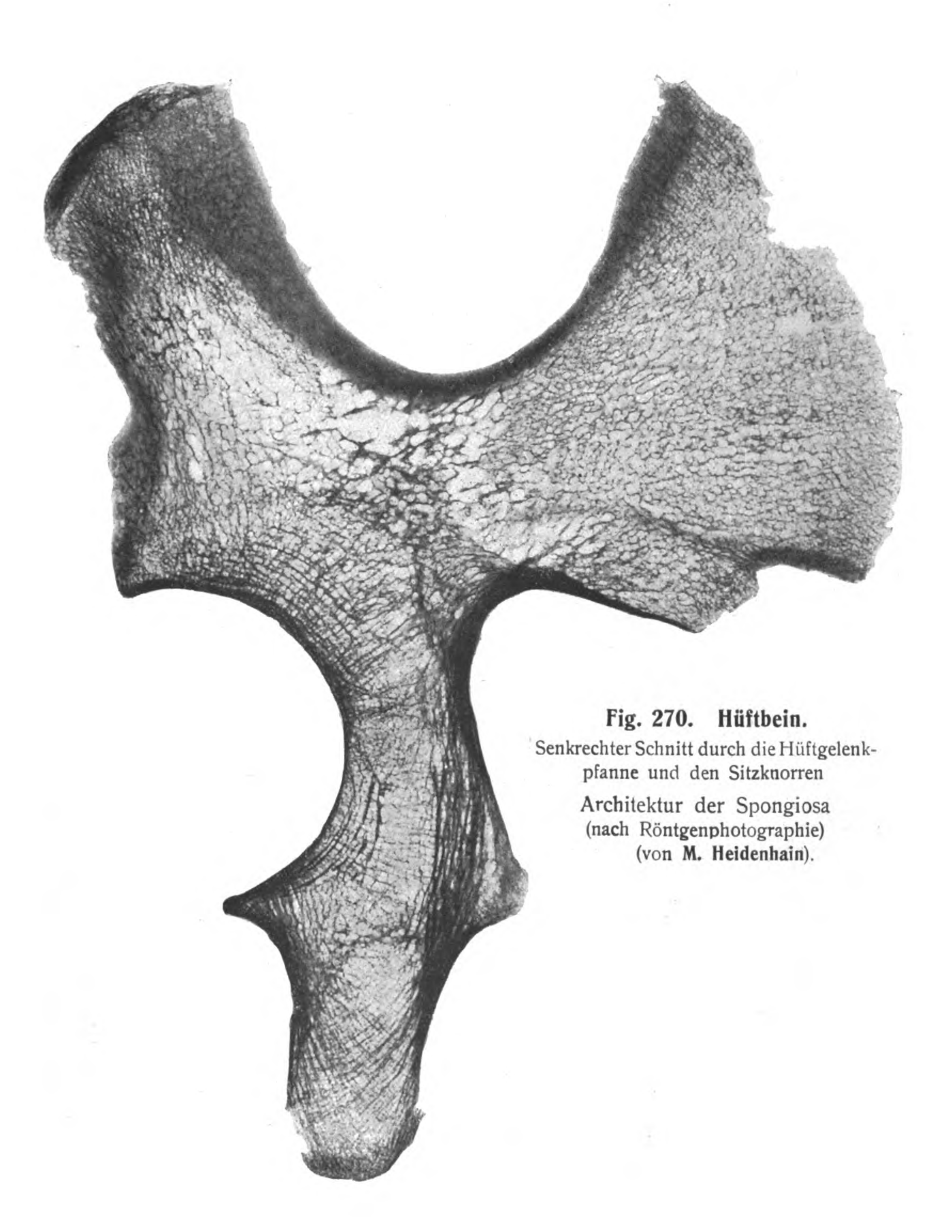


Fig. 270. Hüftbein.
Senkrechter Schnitt durch die Hüftgelenkpfanne und den Sitzknorren
Architektur der Spongiosa
(nach Röntgenphotographie)
(von **M. Heidenhain**).

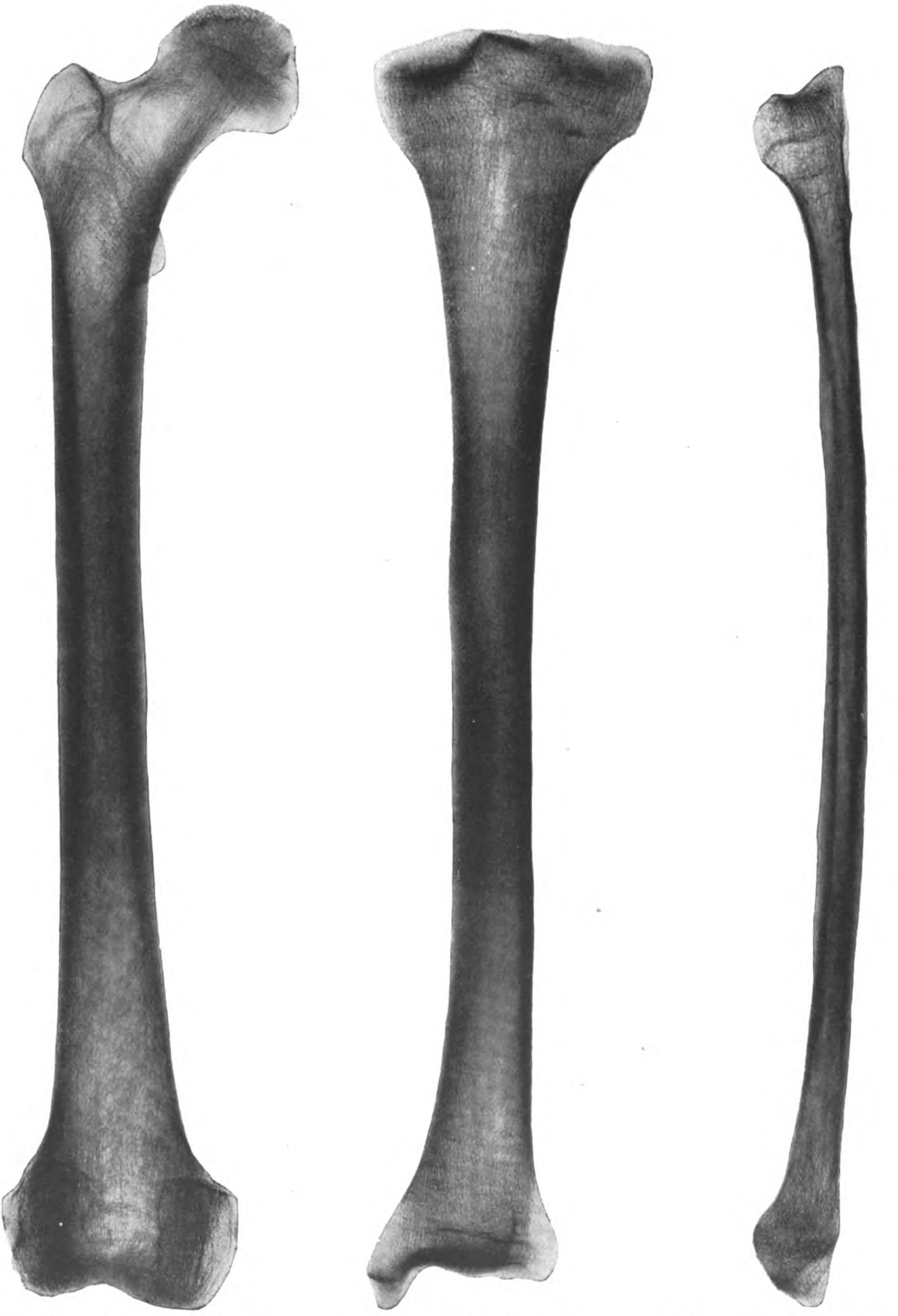


Fig. 271. Oberschenkelbein,
Architektur der Spongiosa
(nach Röntgenphotographie).

Fig. 272. Schienbein,
Architektur der Spongiosa
(nach Röntgenphotographie).

Fig. 273. Wadenbein,
Architektur der Spongiosa
(nach Röntgenphotographie).

leistet. Ein solcher Balken vermag eine ebenso große Belastung auszuhalten ohne zusammenzubrechen, als wäre er solide[1]).

Eines der schönsten Beispiele vom Skelet selbst gewähren Frontalschnitte oder Röntgenbilder des proximalen Teils des Schenkelbeins. Figg. 1, 271, 275.

„Ein großes, Zugkurven entsprechendes Plättchensystem geht von dem unter der Fovea capitis gelegenen Teil der Gelenkfläche und aus der unteren lateralen Hälfte des Kopfes in die Dura der lateralen Seite über. Mit diesem durchkreuzt sich ein anderes Plättchensystem, welches Druckkurven entspricht und auf der Höhe des kleinen Trochanter aus der Dura der medialen Seite hervorgeht und sich gegen den großen Trochanter hinzieht. Mit diesem steht an seinem Ursprung im Zusammenhange ein aufwärts steigender Plättchenzug, welcher in den medialen Teil des oberen Gebiets der Gelenkfläche ausstrahlt und den von dem Becken gegebenen Druck unmittelbar auf die Dura der medialen Femurseite überträgt. Der von den beschriebenen drei Zügen umschlossene Raum kann durch Fortsetzungen der Züge, namentlich der beiden letzterwähnten, ausgefüllt sein, häufiger ist er mit feiner, rundmaschiger Spongiosa ausgefüllt oder ist auch wohl vollständig frei von Knochenbälkchen. Von der lateralen Hälfte der oberen Gelenkfläche geht ein Plättchensystem gegen die Mitte des Kopfes hin und verschwindet in dem letztgenannten senkrechten System und dem großen Zugkurvensystem. Der Trochanter enthält entweder leichte rundmaschige Spongiosa oder einige senkrechte der Oberfläche parallele Plättchen; die Plättchen des Druckkurvensystems können bis zur Oberfläche des Trochanter reichen.

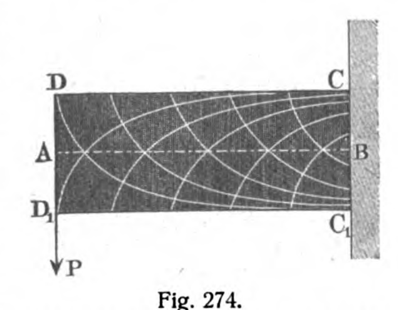


Fig. 274.
Eingemauerter Balken mit den Zug- und Drucklinien. (Nach Culmann.)

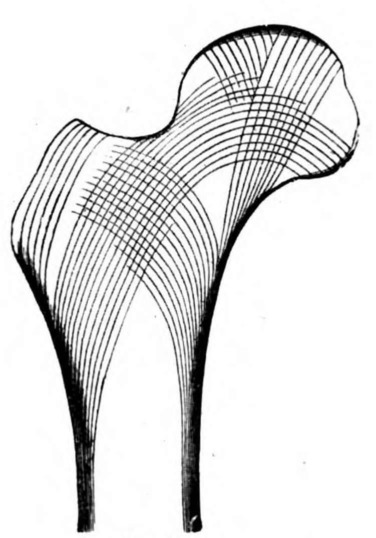


Fig. 275.

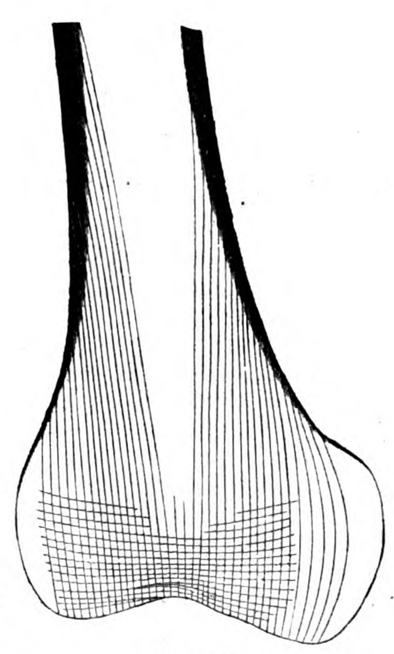


Fig. 276.

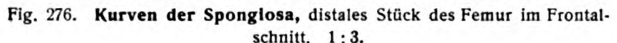


Fig. 275. **Kurven der Spongiosa** in dem proximalen Stück des menschlichen Femur (männl. Femur). 1 : 3. Vergl. Figg. 1, 271.

Fig. 276. **Kurven der Spongiosa,** distales Stück des Femur im Frontalschnitt. 1 : 3.

Das distale Ende des Femur zeigt dieselbe Anordnung wie die beiden Enden der Tibia, indessen ohne eine Durchkreuzung innerer Plättchensysteme, weil die Gelenkflächen der beiden Kondylen zusammen gewissermaßen eine einzige gehöhlte Gelenkhöhle darstellen und der Abgang

[1]) Culmann, Die graphische Statik. Zürich 1866.

der Plättchen von den Gelenkflächen in möglichst senkrechter Richtung zu diesen zu geschehen pflegt. Diesem entsprechend findet man auch ein sehr starkes Streckbandsystem hier vor. Die Epikondylen sind entweder mit kleinmaschiger, rundmaschiger Spongiosa erfüllt, oder sie nehmen an der Bildung der Kondylen teil, indem die Streckbandplättchen sich bis zu deren Oberfläche fortsetzen und die senkrechten Plättchen entweder noch vereinzelt nahe der Oberfläche auftreten oder sich im Anschluß an den Hauptzug durch den ganzen Epicondylus fortsetzen." (H. Meyer.)

Ein anderes, besonders lehrreiches Beispiel gewähren Längsschnitte oder Röntgenbilder des Fersenbeins. Figg. 277, 312.

Die Spongiosa des Fersenbeins läßt sich in drei Systeme von Plättchen zerlegen. Zwei dieser Systeme gehen von der Belastungsfläche aus und sind nach zwei Stellen gerichtet: das eine gegen die Berührungsfläche des Fersenhöckers mit dem Boden, das andere gegen die vordere Verbindungsfläche des Fersenbeins mit dem Würfelbein, welches in statischer Beziehung die vordere Fortsetzung des Calcaneus gegen den Boden bildet. Das dritte System von Plättchen geht aus dem Fersenhöcker zur Unterfläche des Fersenbeins an dieselbe Verbindungsfläche mit dem Würfelbein. Sie gehen unmittelbar und ungeteilt von der hinteren Fläche zur vorderen, jedoch so, daß sie sich an der unteren Fläche zu einer kompakten Platte zusammendrängen, in den beiden Endteilen jedoch aufwärts divergent auseinandergeblättert sind. In den erstgenannten beiden Systemen sind die Sparren zu erkennen, welche den Druck der Körperschwere aufnehmen; und in dem dritten System liegt ein **Streckband** vor, welches den Horizontalschub hemmt und zugleich den Gegendruck des Bodens aufnimmt. Die beiden ersten Systeme widerstehen der Kompression, das dritte der

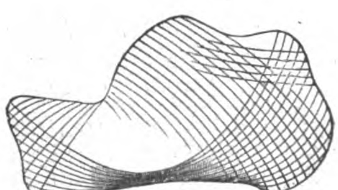


Fig. 277. Fig. 278.

Fig. 277. **Kurven der Spongiosa** in dem menschlichen Calcaneus. 1 : 2.

Fig. 278. **Kurven der Spongiosa,** Frontalschnitt des Mittelfußes.

Dehnung, und alle drei sind in der Richtung der Druck- und Zuglinien angelegt, welche die graphische Statik zur Bezeichnung der Widerstandsrichtungen in den Durchschnitt des Calcaneus hineinzeichnen würde. In dem neutralen dreieckigen Raume fehlen die Blätter gänzlich, oder es sind nur feine spinnwebenartige Fäden zur Stütze des Marks vorhanden. Eine Komplikation bedingt noch die Anheftung der Achillessehne, deren Zug mindestens von dem mittleren Teil des divergenten hinteren Plättchensystems unmittelbar aufgenommen wird. Die gesonderte kleine Gruppe von Plättchen im oberen Teil des Fersenhöckers ist dazu bestimmt, den Seitendruck der Achillessehne aufzunehmen.

Nachdem nunmehr eine Reihe von Beispielen kennengelernt ist, können wir in der Untersuchung des Wesens der merkwürdigen Erscheinung weiter fortfahren. Man könnte glauben, sie sei bedingt durch die Belastung, welche die Schwere des Körpers auf die Knochen ausübt. Allein dieselbe Erscheinung zeigt sich auch an denjenigen Knochen, welche von einer Aufnahme der Körperlast ganz befreit sind, wie an der oberen Extremität und am Unterkiefer des Menschen; an den Flügelknochen der Vögel; am ganzen Skelet von im Wasser lebenden Säugetieren; am ganzen Skelet von Knochenfischen, bei welchen von einem Tragen der Körperlast durch die Knochen keine Rede ist.

Sollte man nun der Meinung sein können, daß bei den einen das Tragen der Körperlast, bei den anderen ein anderes Moment bestimmend eingreift in die Veranlassung jener inneren Architektur? Man erhält den Eindruck, ein mächtiges, bei allen in gleicher Weise wirksames Moment sei in erster Linie die Veranlassung, nämlich die Muskulatur, welche an Masse das Skelet so sehr übertrifft und mit den Knochen im innigsten, vielfältigsten und wesentlichsten Zusammenhange steht, welche das aktive Bewegungsorgan für das passive Bewegungsorgan, den Knochen, darstellt. Hunderte von Fortsätzen, Tausende von Ursprungs- und Ansatzfeldern hält das

Skelet der Muskulatur entgegen, damit sie auf den Knochen wirke, damit das ganze System von Hebeln in Bewegung gerate. Man darf die Kraft der Muskeln nicht unterschätzen; sind sie doch imstande, durch plötzliche gewaltsame Zusammenziehung ihre eigenen Hebel zu zerbrechen. Beständig aber geht von den Muskeln auch in der Ruhe ein gewisser Zug und Druck auf die Knochen aus. Man betrachte nur die verhältnismäßig schmächtige Wirbelsäule von größeren Knochenfischen, beachte die Muskelmassen, mit denen sie in Beziehung steht, und berücksichtige die schon äußerlich wahrnehmbare prächtige Architektur dieser Wirbel, und man wird alsbald für die Ansicht gewonnen sein, die Muskulatur müsse die nächste Veranlassung der Ausbildung Widerstand leistender Knochenbälkchen sein. Die Erhebung des Körpers auf die Extremitäten, wie sie bei den meisten Landtieren und bei dem Menschen statthat, findet bereits eine geeignete innere Architektur vor, sie übernimmt das schon Vorhandene, welches nur einer Weiterbildung bedarf, um die erforderlichen Leistungen zu ermöglichen. Das schöne Bild, welches die innere Architektur der Knochen gewährt, wird durch die Berücksichtigung der Muskelkräfte, welche ebenfalls in Form von Linien dargestellt werden können und an dem Hebelsystem wirken, nur gewinnen.

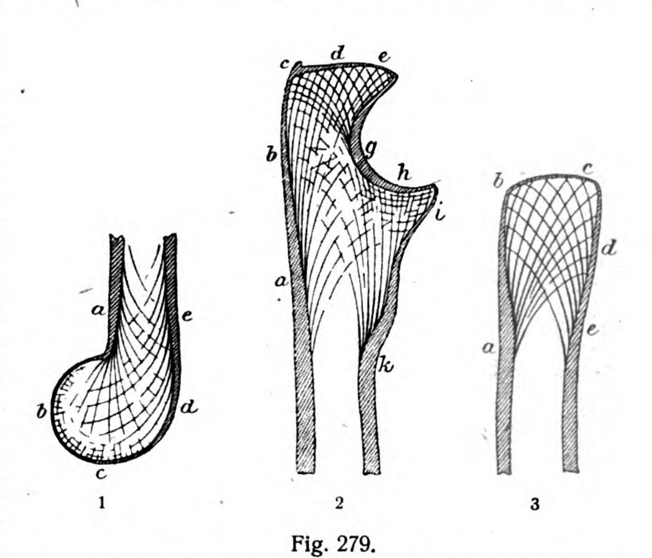


Fig. 279.

Kurven der Spongiosa. 1 distales Ende des Humerus. 2 proximales Ende der Ulna. 3 proximales Ende des Radius. (Hultkrantz.)

Die erste Entstehung der inneren Architektur der Knochen geschieht nicht erst nach der Geburt, sondern sie ist, wie betont werden muß, schon im Fetalzustande vorgebildet. So gewiß es ist, daß dies auf Vererbung beruhen muß, so kann doch andererseits auch in dieser Beziehung Zug und Druck der fetalen Muskulatur schwerlich ohne Mitwirkung bei dem Vollzuge dieser Vererbungserscheinungen bleiben.

Wie es kommt, daß Knochensubstanz da angelegt wird, wo sie statisch und mechanisch von Wert ist und wo sie also in den Widerstandslinien liegt, daß sie aber da sich nicht ausbildet oder wieder schwindet, wo sie außerhalb der Widerstandslinien liegt, hängt vielleicht mit dem allgemeinen Naturgesetz zusammen, daß nur das Wirksame Förderung erfährt, das Unwirksame aber nicht ausgebildet wird oder verschwindet.

Es verdient, bemerkt zu werden, daß in dem Callus heilender Knochenbrüche sich eine geeignete Architektur wieder herstellt.

Literatur.

Bardeleben, K., Beiträge zur Anatomie der Wirbelsäule. Jena 1874. — Hirsch, H. H., Eine Beziehung zwischen dem Neigungswinkel des Schenkelhalses und dem Querschnitt des Schenkelbeinschaftes. Anat. Hefte 1899, Nr. 37. — Meyer, H., Die Architektur der Spongiosa. Archiv f. Anatomie, Physiologie usw. von Reichert und Dubois, 1867. — Roux, W., Subst. spongiosa Zeitschr. f. orthopäd. Chir. 1896. IV. — Schmidt, R., Vergleichend anatomische Studien über den mechanischen Bau der Knochen und seine Vererbung. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LXV, 1899. — Solger, B., Architektur d. Stützsubstanzen. Leipzig, 1892. — Postembryonale Entw. des Skelets. Abh. d. naturforsch. Ges. zu Halle, XX. 1894. — Derselbe, Der gegenwärtige Stand der Lehre von der Knochen-Architektur. Unters. z. Naturlehre des Menschen und der Tiere. XVI. Gießen. — Die bisher fast allein geübte Methode, nur Schnitte in den drei Hauptaxen des Knochens anzulegen, reicht, wie Solger mit Recht betont, nicht aus (vergl. W. Roux). S. weist auf das Mittel der Dekortikation, d. i. der Entrindung oder Schindung, auf die Anlegung von Schnitten in allen möglichen Ebenen, auf Serienschnitte und plastische Rekonstruktionen hin. — Derselbe, Zur Kenntnis des Schenkelsporns usw. Anat. Hefte, 1900, Nr. 48. — Derselbe, Spongiosa-Architektur in einer geheilten

Fraktur des Oberschenkelhalses und in einem Pirogoffschen Stumpf. Deutsche med. Wochenschrift 1901. — Wolff, J., Über die innere Architektur der Knochen. Virchows Archiv, 1870. — Derselbe, Die normale und path. Architektur der Knochen. Arch. f. Anat. u. Physiologie, 1901, Suppl. Bd. — Zschokke, E., Statik und Mech. d. Vertebratenskelets. Zürich 1892.

3. Elastizität und Festigkeit der Skeletmaterialien.

Schon im Reich der Unizellulaten begegnen uns feste Körpergerüste der schönsten und der verschiedensten Art. Je mehr ein Körper an Masse zunimmt, um so mehr macht sich das Bedürfnis geltend, den weichen Massen genügenden Halt zu geben. Befestigung des Zusammenhanges der einzelnen Teile, Stützung von Weichgebilden, Darreichung von festen Ursprungs- und Ansatzflächen, von einfachen und zusammengesetzten Hebeln für die Muskulatur, Gewährung von Schutzorganen, von Waffen und Werkzeugen, das sind die Gesichtspunkte, unter welchen Hartgebilde zur Ausbildung gelangen, sei es im Pflanzen-, sei es im Tierreich. Wasserbewohner werden der Hartgebilde viel weniger zur Erhaltung ihres Daseins bedürfen als Bewohner des Landes und der Luft; aber auch bei ersteren sehen wir sie weit verbreitet. Das zur Verwendung gelangende Material ist sehr verschiedenartig. Vor allem wichtig ist die Cellulosebildung, Verholzung, Verkieselung, Verkalkung, Chitin- und Hornbildung, Ausbildung von Knorpel und Knochen. Nicht mit einem Material läßt sich das Bedürfnis an Hartgebilden decken und jedes erforderliche Hartgebilde herstellen.

Der Einfluß des Materials auf Form, Größe und Leistung des Hartgebildes und daher auch auf die ganze Beschaffenheit des zu stützenden Organismus ist sehr bedeutend. Dies sieht man sofort, wenn man bedenkt, es solle beispielsweise das Femur des Erwachsenen, ja selbst des Neugeborenen, rein aus Knorpel bestehen, welcher ja doch immerhin ein ansehnliches Hartgebilde darstellt. In Wirklichkeit sehen wir aber den Knochenkern des Femurschafts schon in der siebenten Fetalwoche auftreten, den Knorpel umgürten und sich allmählich an dessen Stelle setzen, mit Ausnahme jener Strecken, an welchen das Material des Knorpels funktionell am Platze ist.

Der Knorpel hat ganz andere Elastizitäts- und Festigkeitsverhältnisse als der Knochen. Landbewohner können mit reinem Knorpel nicht ausreichen. So fällt auch von dieser Seite ein besonderes Licht auf die Knochenform, und es liegt ganz im morphologischen Interesse, die Elastizität und Festigkeit der Skeletmaterialien kennen zu lernen.

Alle bekannten Körper erfahren unter der Einwirkung von Zug und Druck gewisse Formveränderungen, welche auf Verschiebungen der Moleküle gegeneinander beruhen. Der Widerstand, mit welchem die verschiedenen Körper einer Formveränderung entgegenwirken, ist jedoch bekanntlich sehr verschieden groß. Bleibt die äußere Einwirkung in gewissen Grenzen, so nehmen mit dem Wegfall der Einwirkung die materiellen Punkte im allgemeinen wieder ihre ursprüngliche gegenseitige Lage ein.

Die Fähigkeit der Körper, die durch Einwirkung von Zug und Druck erlittene Formveränderung nach Wegfall dieser Kräfte wieder vollständig rückgängig zu machen, nennt man Elastizität; die Grenze, innerhalb deren dies möglich ist, heißt Elastizitätsgrenze. Letztere ist bei verschiedenen Körpern sehr verschieden.

Wird ein Körper über die Elastizitätsgrenze hinaus in Anspruch genommen, so tritt je nach dem Maß dieser Beanspruchung Verschiedenes ein. Ist letztere genügend groß, so erfolgt eine Zerteilung des Körpers. Überschreitet die Beanspruchung nur in geringerem Grade die Elastizitätsgrenze und kommt darauf in Wegfall, so kehrt der Körper nicht mehr ganz in seine frühere Form zurück; es bleibt eine Nachwirkung, ein Rückstand übrig. Nach den angestellten Versuchen findet freilich ein vollkommen elastischer Zustand in aller Strenge überhaupt bei keinem Körper statt. Jede, selbst die kleinste Formveränderung hinterläßt einen minimalen Rückstand; mit anderen Worten, jede Formveränderung besteht aus einem vorübergehenden oder elastischen und aus einem dauernden oder permanenten Teil. Innerhalb der (praktischen) Elastizitätsgrenze kann jedoch der permanente Teil der Formveränderung als verschwindend klein gegen den elastischen vernachlässigt werden. Jener Grundsatz der Physik gibt viel zu denken in Beziehung auf die Lehre von den Sinnesorganen und vom Nervensystem, aber auch in Beziehung auf die Skeletmaterialien. Doch ist auf diesen Gebieten vielleicht dem Stoffwechsel eine gewisse ausgleichende Kraft beizumessen.

Unter Festigkeit versteht man den Widerstand, welchen ein Körper seiner Zerteilung durch Zug und Druck entgegensetzt.

Außer der Zug- und Druckfestigkeit und Elastizität unterscheidet man nach der Form der Beanspruchung noch mehrere Unterarten der Elastizität und Festigkeit, welche sich jedoch alle auf Zug und Druck zurückführen lassen. So die Biegungs-Elastizität und -Festigkeit, d. i. der Widerstand gegenüber Biegungsgewalten, welche senkrecht zur Längsaxe eines an einem oder an beiden Enden unterstützten Körpers angreifen. Unter Streb- und Zerknickungsfestigkeit wird jener Widerstand verstanden, welchen ein langer, säulenförmig aufgestellter Körper gegenüber Belastungen entwickelt, welche parallel zur Längsaxe einwirken. Abscherungsfestigkeit ist jener Widerstand, welchen ein Körper einer senkrecht zu seiner Länge hart an der Unterstützungslinie wirkenden abscherenden Gewalt entgegenstellt. Auf Torsionsfestigkeit wird jener Körper in Anspruch genommen, welchen eine seitliche Kraft parallel der Längsaxe abzudrehen sucht.

Zur Vergleichung der Werte ist es erforderlich, dieselben auf eine Einheit zu beziehen, auf einen sogenannten Modul.

Den Elastizitätsmodul drückt man durch ein Gewicht aus, welches einen Körper vom Querschnitte Eins innerhalb der Elastizitätsgrenze um seine eigene Länge ausdehnen und verkürzen würde, wenn eine solche Veränderung möglich wäre. Das Modul der Festigkeit ist jene Kraft, welche einen Körper vom Querschnitte Eins zu zerteilen vermag.

Zur Vergleichung des Knochens mit anderen Baumaterialien sind in folgender Tabelle die Elastizitäts- und Festigkeitsmoduli für einige im Baufach am häufigsten angewendete Stoffe aufgeführt.[1])

Material	Elastizitätsmodul		Festigkeitsmodul	
	für Zug:	für Druck:	für Zug:	für Druck:
Gußeisen	10000	9900	13	73
Schmiedeeisen	19700	19700	40,9	22
Feiner Gußstahl	29200	11000	102	
Messing	6400		12,4	110
Bronze, Kanonenmetall	6900		25,6	
Buchen-, Eichen-, Fichten-, Kiefern-, Tannenholz in der Richtung der Fasern	1100		6,5	4,8
Dieselben in radialer Richtung zu den Jahresringen	130		0,4	
Gneiß und Granit				5,9
Kalkstein				3,6
Sandstein				2,9
Ziegelstein				0,6
Mörtel				0,37
Schwache Hanfseile			6,1	
Starke Hanfseile			4,8	
Lederriemen (von Kuhleder)	7,3		2,9	
Knorpel (der Rippen)	0,875		0,17	1,57
Kompakter Knochen in Längsrichtung	1800—2500		9,25—12,41	12,56—16,80
Knochen in radialer Richtung			4,8	8,0
Osseïn in Längsrichtung	3,888		1,51	2,72

Aus dieser Tabelle ergibt sich, daß die Zugfestigkeit der Knochensubstanz geringer ist als die Druckfestigkeit, daß erstere im günstigen Fall derjenigen des Messings und Gußeisens, letztere derjenigen des Schmiedeeisens sich nähert, während der Elastizitätsmodul des Knochens der dreifache des Messings und der Bronze ist. Die Druckfestigkeit des Knochens ist vier- bis fünfmal so groß als die des Kalksteins, zwei- bis dreimal so groß als die des Gneißes und Granites.

Vergleicht man mit den Werten des Knochens diejenigen des Osseïns, so erhellt hieraus die große Bedeutung der mineralischen Bestandteile für die Leistungfähigkeit des Knochens.

Geringer noch als die Festigkeit des Osseïns ist diejenige des Knorpels. Besonders auffällig ist der Unterschied zwischen seiner geringen Zug- und verhältnismäßig ansehnlichen Druck-

---

[1]) Die Zahlen geben die Moduli in Kilogramm an und beziehen sich auf einen Querschnitt von 1 qmm.

festigkeit. Ist letztere doch die neunfache der ersteren! So wird es verständlich, daß der Knorpel nirgends am Platze ist, wo es auf bedeutendere Zugfestigkeit ankommt. Auch als lange Tragsäule kann er keine Verwendung finden. Dagegen ist er ganz am Platze, wo er in kurzen Stücken eine große Druckfestigkeit zu entfalten hat, wie es bei den Gelenkknorpeln der Fall ist. Hier hat er die doppelte Rolle eines trefflichen Puffers und einer zarten Gleitfläche zu spielen.

Um so besser eignet sich das Material des Knochens zur Herstellung tragkräftiger Säulen und Gewölbe. Dies ist so sehr der Fall, daß sich behaupten läßt, mit knorpeligem Skelet sei das Leben größerer Tiere auf dem Land ein Ding der Unmöglichkeit. Erst das Material des Knochens ermöglichte das Landleben größerer Tiere.

Die Festigkeitsverhältnisse des Knochens werden nicht ausschließlich durch das Material als solches bedingt, sondern sehr wesentlich beeinflußt durch den feineren Bau. An Röhrenknochen ist dies besonders deutlich ausgesprochen. Die Knochenlamellen finden wesentlich in Form von Röhren Verwendung, welche das längsgestreckte Blutgefäßnetz des Knochens als Haverssche Lamellensysteme umgürten und in Form von äußeren und inneren umfassenden Lamellen an beiden Flächen den Abschluß bilden. Sogar die einzelne Lamelle zeigt dem feineren Bau nach in der abwechselnden Richtung der Fibrillenzüge und der dadurch in ihrer Form bedingten verkalkten interfibrillaren Substanz wichtige Beziehungen zur Festigkeit. So ist es begreiflich, daß die Knochensubstanz in radialer Beanspruchung viel weniger zu leisten vermag als in der zur Längsaxe parallelen Richtung. Auf die Wichtigkeit der Ausbildung von hohlen Röhren wurde schon oben die Aufmerksamkeit gerichtet. Derselbe Plan begegnet uns in ausgedehnter Verwendung, also auch im feineren Bau. Davon erhält man eine deutliche Vorstellung, wenn man zählt, wie viele Haverssche Systeme der Querschnitt eines großen Röhrenknochens enthält. Im menschlichen Femur gibt es deren gegen 3200, in der Tibia etwa 2500, welche allerdings nicht einfach die ganze Länge durchlaufen, sondern entsprechend dem Gefäßnetz gelagert und gestaltet sind. Rechnet man im Durchschnitt auf ein Haverssches System 10 Lamellen, so kommen allein auf das Femur 32000 Haverssche Lamellen.

So verhält es sich in der Compacta und in etwas abgeänderter Weise in der Spongiosa. Hier ist an die sinnvolle Architektur der Spongiosa zu erinnern.

Für die Leistung kommen jedoch nicht allein die Art und der Bau des Materiales in Betracht, sondern auch die Form des Skeletstücks im ganzen und die Art seiner Verwendung und Aufstellung.

Was die Form der großen Tragsäulen und Hebelwerke des Körpers betrifft, so geht sie für jedes einzelne Stück auf das Ziel aus, gefährliche Bruchpunkte zu vermeiden, im Gegenteil also jede Säule zu einem Gebilde von annähernd gleicher Strebfestigkeit zu machen. In solchen ist die Bruchsicherheit in allen Querschnitten annähernd die gleiche. Die äußere Form entspricht dem Zweck der Knochen. In welcher Weise die äußere Form auf die Architektur der Spongiosa zurückwirkt, ist aus dem früher Angegebenen leicht ersichtlich.

Festigkeit ganzer Knochen.

Kennt man den Querschnitt eines Röhrenknochens und den Festigkeitsmodul seiner kompakten Substanz, so läßt sich der Widerstand seines Mittelstücks gegen Zerteilung durch Zug berechnen. Wäre ein Röhrenknochen in ganzer Länge von gleichmäßiger Beschaffenheit, so würde sich auch die Strebfestigkeit berechnen lassen.

Da jedoch eine so gleichmäßige Beschaffenheit fehlt und außerdem zahlreiche Unregelmäßigkeiten der Form vorhanden sind, welche durch den Einfluß der Muskulatur bedingt werden, so läßt sich schon von vornherein erwarten, daß Rechnung und Erfahrung mehr oder weniger abweichende Ergebnisse erzielen werden. Das Ergebnis der Rechnung pflegt dabei ansehnlich höher zu sein als der Erfahrungswert. Unter allen Umständen dürfen Versuche nicht fehlen, welche am ganzen Knochen die Zug- und Druckfestigkeit bestimmen.

O. Messerer untersuchte mit der Werderschen Festigkeitsmaschine Knochen und Knochenkomplexe des Menschen; von letzteren den Schädel und das Becken. Was Röhrenknochen betrifft, so zerriß der Oberarm eines 25jährigen Mädchens bei der Belastung von 800 kg, der Oberschenkel bei 1550 kg. Bei einer großen Anzahl der von ihm auf Strebfestigkeit geprüften Knochen erfolgte der Bruch nicht an der bei Säulen von gleichem Querschnitt und gleicher Beschaffenheit am meisten gefährdeten Stelle der Mitte, sondern durch Zusammendrückung an dem einen oder anderen der Gelenkenden als den weicheren und schwächeren Gebieten des Knochens.



Es erfolgte ein Zerknickungsbruch der auf Strebfestigkeit geprüften Clavicula

bei Männern im Mittel mit	192 kg	des Femurschaftes	
„ Weibern „ „ „	126 „	im Mittel mit	756 kg
des Humerus		des Femurhalses	
bei einem Weibe mit	600 „	bei Männern im Mittel mit	815 „
des Radius		„ Weibern „ „ „	506 „
bei Männern im Mittel mit	334 „	der Fibula	
„ Weibern „ „ „	220 „	bei Männern im Mittel mit	61 „
der Ulna		„ Weibern „ „ „	49 „
bei Männern im Maximum mit	290 „	der Tibia	
„ „ „ Minimum „	180 „	im Maximum mit	1650 „
„ Weibern „ Mittel „	132 „	„ Minimum „	450 „

Die Tibia erwies sich somit als derjenige große Röhrenknochen, welcher die größte Strebfestigkeit besitzt.

Festigkeit des Schädels.

An der Kenntnis der Festigkeitsverhältnisse des Schädels haben die Chirurgie und die gerichtliche Medizin ein bedeutendes Interesse. Es ist begreiflich, daß diese Lehre von Vertretern jener Fächer in hohem Maße entwickelt worden ist. Der Lernende sei deshalb auf die Lehrbücher dieser Fächer verwiesen.

An dieser Stelle ist die Aufmerksamkeit nur auf gewisse individuelle Verschiedenheiten der Schädelwand zu lenken.

Fig. 280 zeigt bei dreimaliger Vergrößerung einen Querschliff durch einen sehr dickwandigen Schädel, und zwar durch die Mitte der Squama frontalis, 7 cm vor der Sutura coronalis. Die

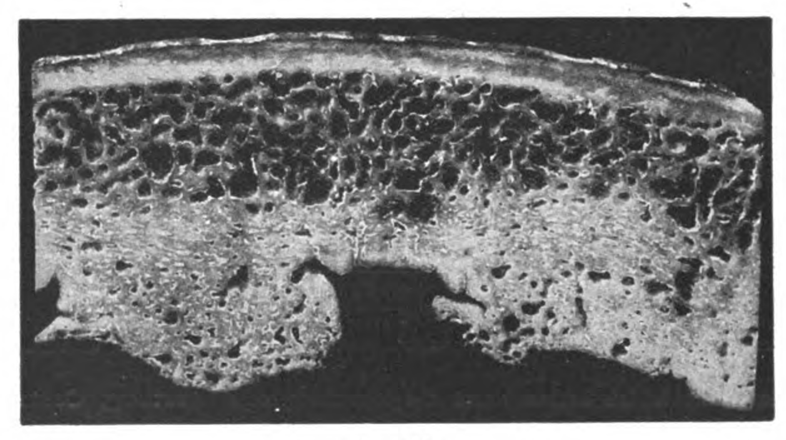


Fig. 280.

Querschliff eines sehr **massiven Frontale** im Gebiete des Sulcus frontalis, 7 cm vor der Kranznaht. 3 : 1.

Tabula externa ist verhältnismäßig dünn, die Spongiosa stark ausgebildet. Sehr mächtig ist die Tabula interna entwickelt; sie bildet förmliche Wülste um den als tiefe Lücke sichtbaren Sulcus sagittalis.

In einer ganz anderen Weise ist das Schädeldach eines ebenfalls sehr dickwandigen und schweren Schädels gestaltet, wie Fig. 281 zeigt. Hier ist die äußere Tafel die weitaus stärkere, bei gleichzeitig reichlicher und derber, englückiger Spongiosa.

Fig. 282 hingegen, auch einem dickwandigen, aber leichteren Schädel angehörig, zeigt eine reiche Ausbildung der Spongiosa als charakteristisches Merkmal; doch sind zugleich beide Tafeln etwas dicker als gewöhnlich.

Gewöhnliche Verhältnisse des Schädeldaches stellt Fig. 148 vor Augen, welche schon der Naht wegen betrachtet worden ist. Verminderte Spongiosa bei kräftiger Ausbildung beider Tafeln zeigt Fig. 283; Fig. 284 trägt eine tiefe Substanzlücke der Innentafel, mit Verdrängung der

Diploë an der tiefsten Stelle. Es liegt ein Schliff durch eine tiefe Fovea granularis (= Pacchionisches Grübchen) vor.

Wenden wir uns vom Schädeldach zur Schädelbasis, so zeigt Fig. 285 in der linken

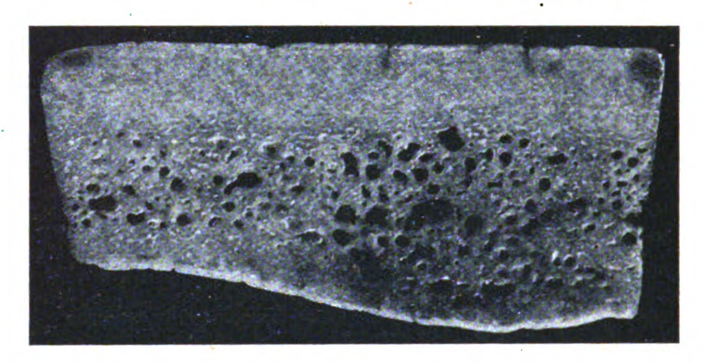


Fig. 281.
Querschliff nahe der **Spitze** der **Squama occipitalis** eines sehr **dickwandigen** Schädels. 3 : 1.

Hälfte der Basis cranii interna und im angrenzenden Teil der Seitenwand die dünnsten und durchsichtigen Stellen durch Schraffierung bezeichnet. Die rechte Hälfte dagegen zeigt die Linien häufig vorkommender Basisbrüche.

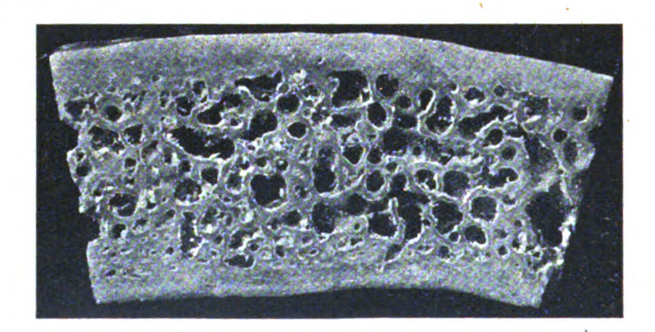


Fig. 282.
Querschliff einer **Squama frontalis**, nahe der Kranznaht, 2 cm rechts von der Medianlinie, mit starker Diploë. 3 : 1.

An der Basis bilden Brüche durch Gegenschlag oder Berstung, Contrecoup, ein wichtiges vielstudiertes Vorkommnis.

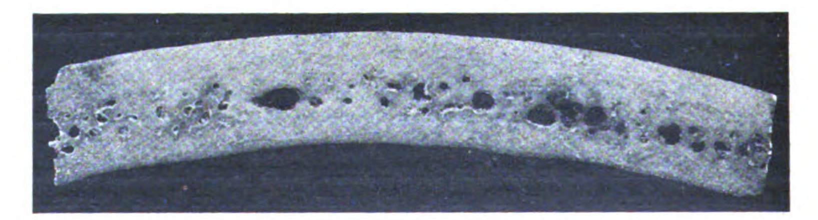


Fig. 283.
Querschliff durch ein **Parietale dextrum**, aus der Nähe des Margo frontalis. 3 : 1.

H. Triepel ergänzt die bisherigen Erfahrungen über die Festigkeit der Knochen durch Untersuchung ihrer Stoßfestigkeit; die Gewebe und Organe des Körpers werden viel öfter dynamisch beansprucht als statisch. Die Stoßfestigkeit läßt sich sowohl berechnen als experimentell

feststellen. Die berechneten Werte sind kleiner als die durch den Versuch erhaltenen; es sind Minimalwerte. Der Humerus eines Mannes hat beispielsweise eine Stoßbiegungsfestigkeit von etwa $1^3/_4$ Meterkilogramm.



Fig. 284.
Schliff eines **Parietale dextrum**, 2 cm vom Margo frontalis, nahe der Medianlinie. Usur durch Granulationes arachnoidales. 3 : 1.

Literatur.

Bauer, F., Über den Schwund der Diploë an einem Philippinenschädel. Anat. Anz. XVII, 1900. — Gebhardt, W., Über funktionell wichtige Anordnungsweisen der gröberen und feineren Bauelemente des Wirbeltierknochens. Archiv für Entwicklungsmechanik XI und XII, 1901. —

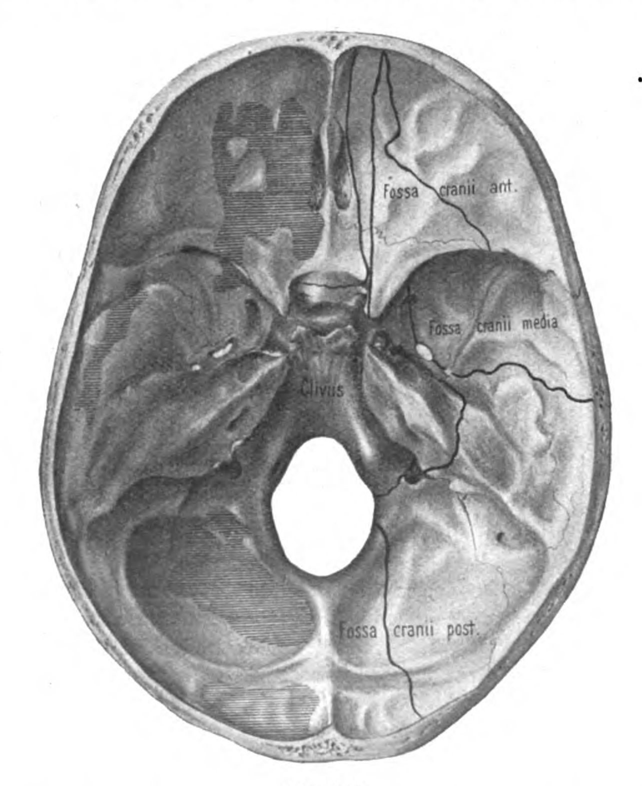


Fig. 285.
Basis cranii interna mit den (rechts) eingetragenen **häufigsten Bruchlinien** und den dünnen Bezirken (links durch Schraffierung gekennzeichnet). 1 : 2.

Hirsch, H., Die mechanische Bedeutung der Schienbeinform. Berlin, J. Springer, 1895. — Leßhaft, P., Die Architektur des Beckens. Anatomische Hefte von Merkel und Bonnet, 1893. — Messerer, O., Über Elastizität und Festigkeit der menschlichen Knochen. Stuttgart 1880. —

van Musschenbroek, P., Introductio ad philosophiam naturalem, T. I., Lugd. Bat. 1762. — Rauber, A., Elastizität und Festigkeit der Knochen. Leipzig 1876. — Derselbe, Die Feststellung der Röhrenknochen in den Gelenken und die Knochenform. Morph. Jahrbuch 1877. — Triepel, A., Die Stoßfestigkeit der Knochen. Arch. Anat. und Phys. 1900. — Wertheim, Über die Elastizität und Festigkeit der vorzüglichsten Gewebe des menschlichen Körpers, Annales de chimie et physique 1847. — Wolff, J., Das Gesetz der Transformation der Knochen. Berlin 1893.

4. Die Knochenkerne, Puncta ossificationis.

Das erste für die Stützung des embryonalen menschlichen Körpers angelegte besondere Gebilde ist die im ganzen Reich der Wirbeltiere vorkommende Chorda dorsalis. Sie ist eine biegsame, stabförmige Zellensäule, welche in der Medianebene des Körpers zwischen Nerven- und Darmrohr liegt und sich vom hinteren Leibesende bis zur Gegend der späteren Zwischenhirnbasis, d. i. bis in die Gegend der späteren Sattelgrube des Keilbeins, erstreckt.

Die zweite Stufe des Stützapparats ist durch das häutige oder desmale Skelet gegeben. Es besteht aus embryonalem Bindegewebe, ist im axialen Gebiet durch seinen Ursprung gegliedert, verliert aber alsbald seine Gliederung, insoweit die einzelnen Sklerotome an ihren Grenzen zusammenfließen.

Die dritte Stufe des Skelets ist dadurch gekennzeichnet, daß an bestimmten Stellen die junge Bindesubstanz sich umbildet zu Knorpelgewebe, während an anderen Stellen diese Umbildung unterbleibt. So kommt das chondrale Skelet zustande (Fig. 286). Knorpelig angelegt werden die Wirbel, die Rippen mit dem Brustbein, der größte Teil der Schädelbasis, das Skelet der Visceralbögen, die Skeletstücke der Extremitäten. Die knorpligen Metameren der Wirbelsäule heißen Chondromeren, der knorplige Teil des Schädels stellt das Chondrocranium oder knorplige Primordialcranium dar.

Das gesamte Knorpelskelet des menschlichen Embryo hat eine sehr auffallende, vom knöchernen Skelet beträchtlich abweichende Gestalt. Hierüber belehrt Fig. 286. Im einzelnen ist folgendes beizufügen.

Das Steißbein des von W. Hagen untersuchten Embryo von 17 mm Länge besteht aus sieben knorpligen Wirbeln ohne Fortsätze. Von den Processus costarii ist folgendes zu bemerken: Während bei den Brustwirbeln von Anfang an der knorplige Querfortsatz von der Rippenanlage scharf geschieden ist, tritt an den Lendenwirbeln zunächst nur ein einfacher Knorpelwulst auf, welcher aber zugleich aus dem Wirbelkörper und dem Wirbelbogen herauswächst. Das Skelet der oberen Extremität ist vielleicht das Äquivalent vorgeschobener Halsrippen. Weder an der Halswirbelsäule noch an der Brustwirbelsäule gibt es knorplige Processus costarii. Der Dens epistrophei entsteht aus dem Gebiet des Epistropheuskörpers und einem damit verbundenen Teil des Atlaskörpers. Die Massae laterales gehen aus dem übrigen Teil der Atlaskörperanlage hervor. Das Schulterblatt des Embryo ist fast doppelt so groß wie die entsprechende halbe Beckenanlage. Der Carpus ist noch schwach entwickelt. Es sind überhaupt nur erste Phalangen nachweisbar. Die Phalangen bilden sich, indem vermöge einer schubweisen Auswölbung der distalen Epidermiskuppe immer neuer Raum geschaffen wird, wie es ja von Anfang an mit der Anlage der ganzen freien Extremität der Fall war.

Die vierte Stufe des Skelets zeichnet sich aus durch das Auftreten von Knochen, welches teilweise im Bindegewebe, teilweise um und in dem vorhandenen Knorpelskelet stattfindet. So kommt das knöcherne Skelet zustande. Bestimmte Teile des Knorpelskelets bleiben von der Verknöcherung frei, so daß ein Teil des Chondroskelets permanent ist, ebenso, wie Teile der früheren Skeletstufen bestehen bleiben und von der folgenden Stufe nicht ganz verdrängt werden. Das knöcherne Skelet trägt also Reste aller früheren Stufen an sich. Nicht jedes knöcherne Skeletstück durchläuft dem Angegebenen zufolge eine häutige und knorplige Vorstufe; eine gewisse Anzahl überspringt die knorplige Stufe. Das Auftreten von Knochen geschieht in Form sogenannter Knochenkerne, deren Wesen uns schon früher bekannt geworden ist. S. 9—15.

Sie können oberflächlich oder tief liegen, flächenhaft, röhrenförmig, rundlich usw. gestaltet sein. An der Ausbildung eines Skeletstücks nehmen sehr häufig mehrere, oft viele Knochenkerne teil. Deren Zahl, Lagerung, Zeitfolge kennen zu lernen, ist von hohem Wert; es erweitert sich dadurch die Kenntnis des Knochens in ungeahntem Grade.

Geschlechtsunterschiede: Die Zeiten, in denen die verschiedenen Knochenkerne auftreten und miteinander verschmelzen, sind nach dem Geschlecht verschieden. In der ersten Kindheit nur angedeutet, werden die Unterschiede am Ende des ersten Jahrzehnts schon sehr deutlich, zur Zeit der Geschlechtsreife ganz bedeutend, z. B. erscheinen die Knochenkerne der kurzen Knochen der Hand bei Mädchen 1—2 Jahre früher als bei Knaben (Pryor) und die Synostose der Epiphysen

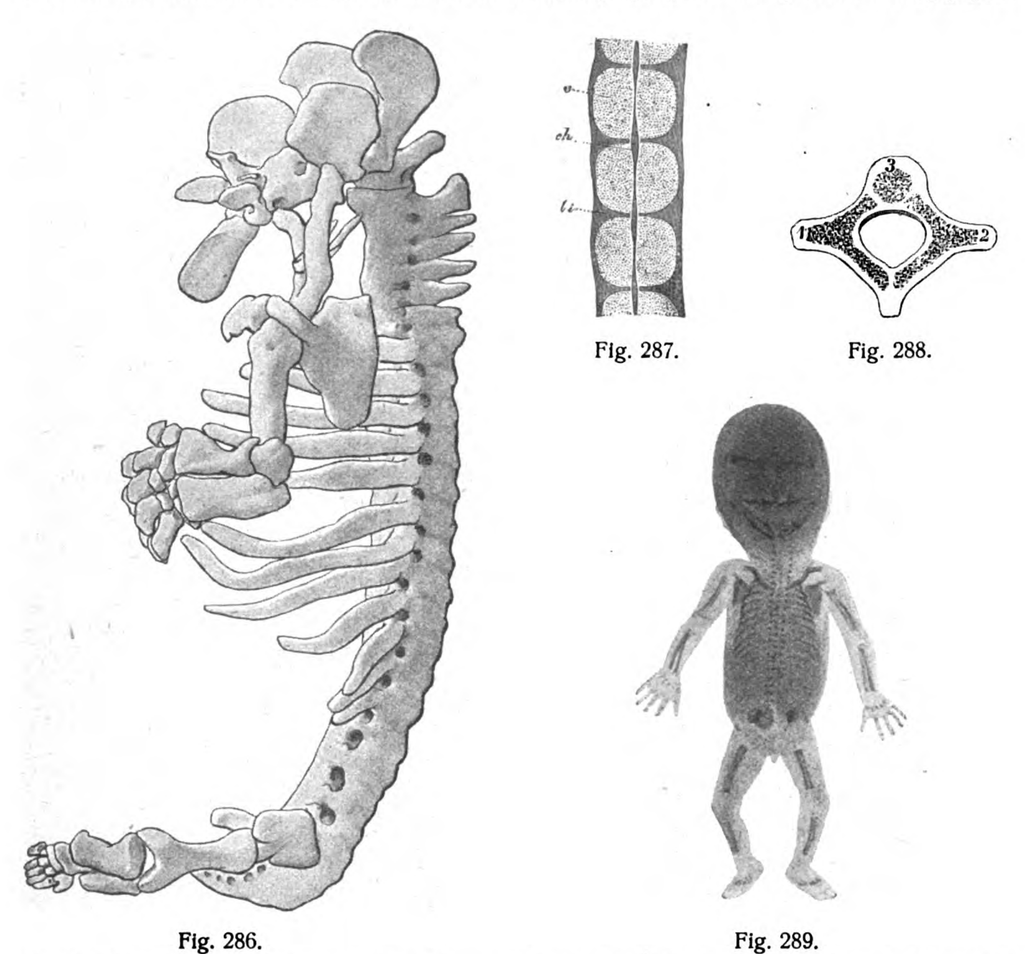


Fig. 286. Fig. 287. Fig. 288. Fig. 289.

Fig. 286. **Chondroskelet** eines menschlichen Embryo von 17 mm Länge. Mit der Plattenmodelliermethode hergestellt. (W. Hagen, 1900.)

Fig. 287. Senkrechter frontaler Längsschnitt durch einige **Brustwirbel** eines 8 Wochen alten menschlichen Fetus in der Gegend der Chordareste, vergrößert. (Nach Kölliker.)
v knorpeliger Wirbelkörper; *li* Fibrocartilago intervertebralis; *ch* Anschwellung der Chorda zwischen zwei Wirbeln.

Fig. 288. **Fetaler Wirbel**, vergrößert, schematisch.
1, 2 Verknöcherungszentren für Bogen und Fortsätze; 3 Verknöcherungspunkt des Körpers.

Fig. 289. **Skelet eines weiblichen Fetus** von 11,5 cm Länge und 90 g Gewicht. Alter: 14. bis 15. Woche. Die drei ersten Sakralwirbel haben Kerne, ebenso die drei letzten Halswirbelkörper. Die Hand hat Kerne in allen Metakarpalien und Phalangen. Dem Fuße fehlt die Ossifikation der mittleren Phalangenreihe. (P. Bade, 1899.)

an den Fußknochen erfolgt beim Weibe nahezu 5 Jahre früher als beim Manne (Hasselwander).

Die wichtigsten Tatsachen über Zahl, Lage, Zeitfolge der Knochenkerne sind in den folgenden Kapiteln enthalten. Mehr über diesen Gegenstand bieten die neueren Werke über Entwicklungsgeschichte und Röntgenkunde. Keibel u. Mall, Handbuch d. Entwicklungsgeschichte des Menschen. Bd. I. 1910. — Hasselwander, A., im Lehrbuch d. Röntgenkunde. II. Bd. 1918. — Corning, H. K., Lehrbuch d. Entwicklungsgeschichte d. Menschen. München 1921.

a) Knochenkerne der Wirbel.

Während die Verknorpelung der Wirbelsäule beim Menschen schon in der fünften Woche des Fetallebens beginnt, kommt erst im dritten und vierten Fetalmonat die vollständige dorsale Vereinigung der knorpligen Bögen zustande, welche mit dem Wirbelkörper ein Stück bilden. Unterdessen hat die Verknöcherung der Wirbelsäule längst begonnen. Es geschieht dies nämlich am

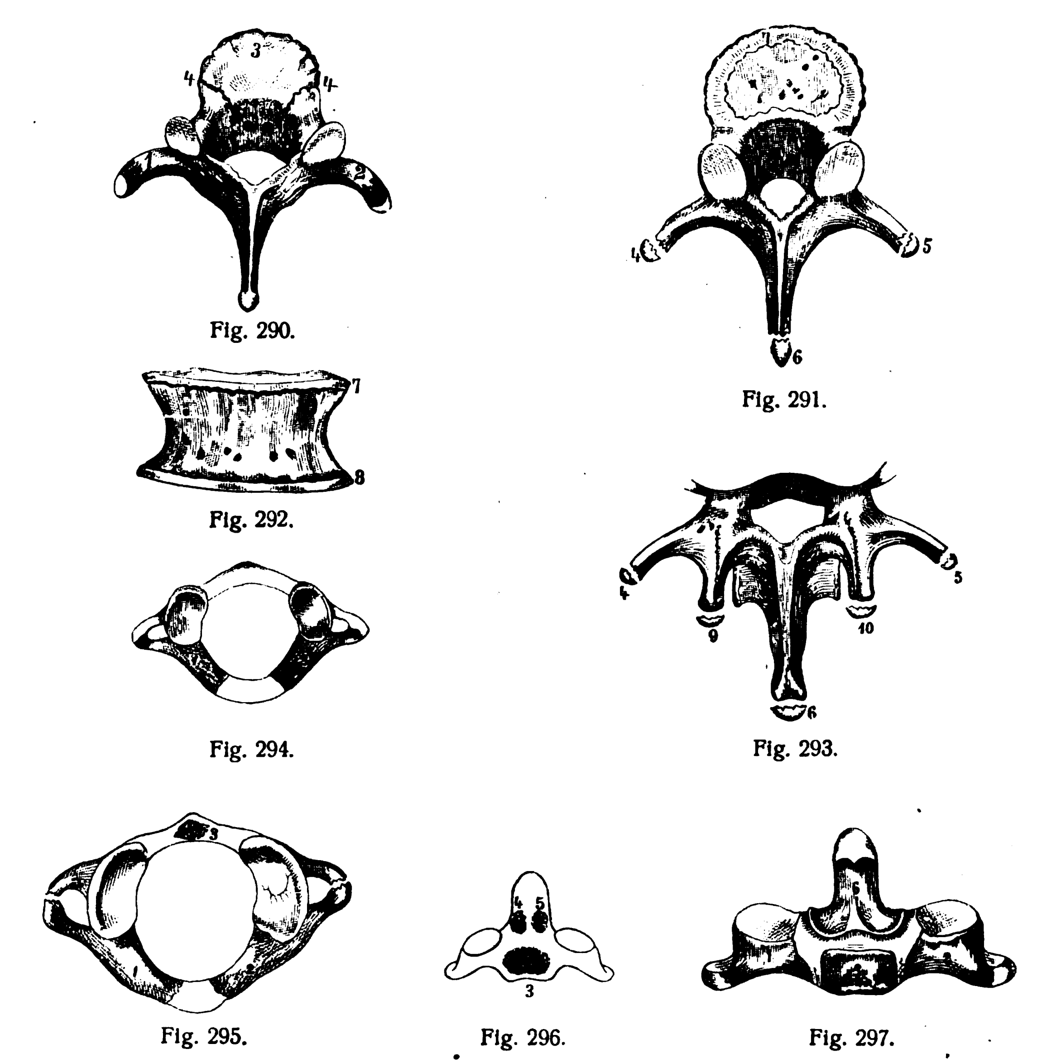


Fig. 290. **Brustwirbel** eines **zweijährigen** Kindes, von oben, vergrößert. 1, 2 verknöcherte Bogenanlage, die Enden der Fortsätze noch knorpelig; 3 verknöcherte Körperanlage; 4, 4 Trennungslinien zwischen beiden Anlagen.

Fig. 291. **Brustwirbel** eines **Sechzehnjährigen**, vergrößert. 4, 5, 6 getrennte Epiphysen der Fortsätze; 7 Epiphysenplatte des Körpers.

Fig. 292. Körper eines **Lendenwirbels**, von vorn. 7, 8 Epiphysenplatten des Körpers.

Fig. 293. Bogen eines **Lendenwirbels** eines **Sechzehnjährigen**, von hinten. 4, 5 getrennte Epiphysen der Querfortsätze; 6 Epiphyse des Dornfortsatzes; 9, 10 Epiphysen der Gelenkfortsätze (Processus mamillares).

Fig. 294. Verknöcherung des **Atlas**, vor der Geburt, vergrößert. 1, 2 Verknöcherungsstellen des hinteren Bogens.

Fig. 295. Verknöcherung des **Atlas** eines **einjährigen** Kindes. 1, 2 Verknöcherungsstellen des hinteren Bogens; 3 Knochenkern im vorderen Bogen. Die hellen Stellen sind knorpelig.

Fig. 296. Verknöcherung des **Epistropheus**, von vorn. Fetaler Epistropheus, vergrößert. 3 Knochenkern des Körpers; 4, 5 getrennte Knochenkerne des Zahnes.

Fig. 297. Verknöcherung des **Epistropheus**, von vorn. Epistropheus eines Neugeborenen. 1, 2 Knochenkern für den Bogen; 3 Knochenkern des Körpers; 6 vorgeschrittenere Verknöcherung des Zahnes.

Ende des zweiten Monats, und zwar so, daß im allgemeinen an jedem knorpligen Wirbel drei Knochenkerne entstehen, je einer in beiden Bogenhälften und einer im Wirbelkörper. Der Knochenkern des Wirbelkörpers ist anfangs paarig, beide Stücke verschmelzen jedoch alsbald miteinander. Die Chorda dorsalis verkümmerte im Bereich des Wirbelkörpers schon mit dessen Verknorpelung, während sie intervertebral, im Bereich der Zwischenwirbelscheiben, sogar weiter wächst und einen dauernden Bestandteil derselben bildet.

Aus einer Zeit, in welcher die drei Knochenkerne des Wirbels schon eine ansehnliche Größe erreicht haben, stammt der Querschnitt Fig. 288. Man erkennt als wichtige Besonderheit, daß der vordere Schenkel der beiden Kerne des Bogens in das Gebiet des Wirbelkörpers hineinragt. Dieses Merkmal ist noch in späten Stufen deutlich wahrnehmbar (Fig. 290) und zeigt an, daß der hintere Seitenteil des späteren Wirbelkörpers aus dem vorderen Endstück oder dem Kopf des Bogens besteht; dieser ist es, welcher die Rippenköpfchen aufnehmen hilft.

Die Kerne im Bogen treten etwas früher auf als die im Körper und lassen außer dem knöchernen Bogen auch die Fortsätze (Quer-, Dorn-, Gelenkfortsätze) hervorgehen.

Außer diesen frühzeitig entstehenden Hauptverknöcherungspunkten treten später, meist erst nach der Zeit der Geschlechtsreife, noch mehrere accessorische Knochenkerne auf. Drei von ihnen sind kleine Knochenstücke, welche sich an den Enden des Quer- und des Dornfortsatzes finden;

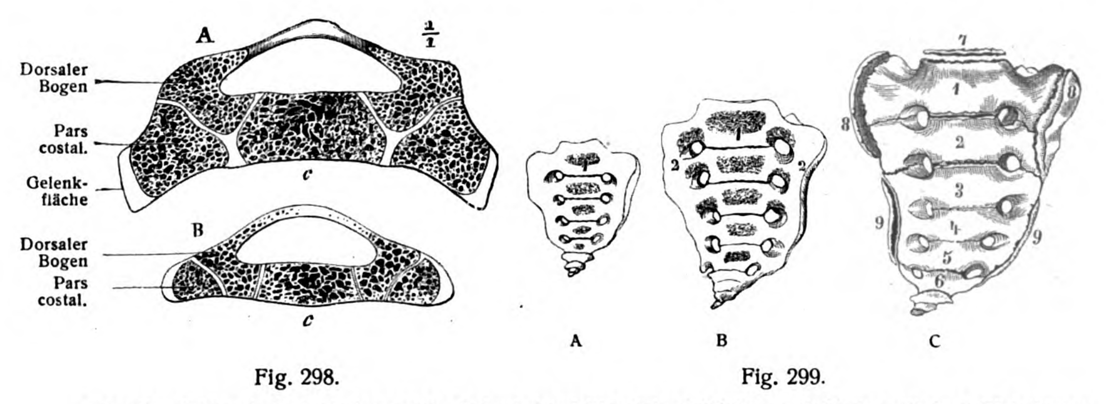


Fig. 298. Fig. 299.

Fig. 298. *A* Querschnitt durch den **ersten,** *B* durch den **dritten Sakralwirbel** eines **einjährigen** Kindes; *c* Wirbelkörper. (Nach Gegenbaur.)

Fig. 299. **Verknöcherung des Kreuzbeines,** schematisch.
A **Sechsmonatiger Fetus.** 1 Knochenkerne der Körper. B **Neugeborener.** 1 Knochenkerne der Körper; 2 Knochenkerne um die Kreuzbeinöffnungen im Gebiete der Massae laterales. C **Fünfundzwanzigjähriger Mann.** 1, 2, 3, 4 unvollständig vereinigte Körper der Kreuzbeinwirbel; 6 Steißbein; 7 Epiphysenplatte des ersten Kreuzbeinwirbelkörpers; 8, 8 obere, 9, 9 untere Epiphysenplatte der Massae laterales.

die beiden anderen sind dünne umfangreiche Scheiben, welche sich an den Endflächen der Wirbelkörper bilden und den Namen Epiphysenplatten führen. Bei den Lendenwirbeln erhalten die Processus mamillares noch besondere Knochenkerne. So geht also ein knöcherner Wirbel aus acht bis zehn Knochenkernen hervor. Man vergleiche hierüber die Figuren 288—293 und die Tabellen. Über die Processus costarii s. unten.

Der erste und zweite Halswirbel zeigen Besonderheiten. Schon auf der knorpligen Stufe verschmilzt der Wirbelkörper des Atlas mit dem knorpligen Körper des Epistropheus und bildet dadurch den Zahn und ein oberes Stück vom Körper des letzteren. Der zweite Halswirbel enthält hiernach mehr, der erste weniger als ein gewöhnlicher Wirbel. Der vordere Bogen des Atlas geht aus einem besonderen Knorpelstreifen hervor, der hypochordalen Spange von Froriep, welche bei den Vögeln allen Wirbeln zukommt.

Die Seitenmassen des Atlas und sein hinterer Bogen gehen jederseits aus einem Kern hervor, welcher dem Kern des Wirbelbogens entspricht (Fig 294). Im vorderen Bogen treten nach der Geburt ein oder zwei besondere Knochenkerne auf. Fig. 295.

Der knorplige Zahn enthält die beiden Knochenkerne, welche einem Wirbelkörper zukommen, ebenso der knorpelige Körper des Epistropheus. Seine Bogenkerne entsprechen ebenfalls den gewöhnlichen. Figg. 296 und 297.

Die Sakralwirbel besitzen den Knochenkern des Körpers und die zwei Kerne des Bogens. Die Epiphysenplatten treten später auf als an den andern Wirbeln. Hierzu kommen noch seitliche ventrale Kerne, welche den Sakralrippen entsprechen (Fig. 298). Endlich bilden sich an jeder Seite zwei flache, unregelmäßige Kerne aus, von welchen einer die zwei oberen, der andere die drei unteren Wirbel umfaßt. Fig. 299, C.

Jeder der Steißwirbel verknöchert gewöhnlich von einem Kerne aus; in den drei ersten Wirbeln finden sich auch manchmal zwei Kerne nebeneinander.

b) Das septale Skelet: die Rippen mit dem Brustbein.

Die Rippen treten als selbständige Knorpelstreifen innerhalb des Bindegewebes auf, welches die einzelnen Muskelsegmente voneinander trennt. Anfänglich nur kleine Spangen in der Nähe

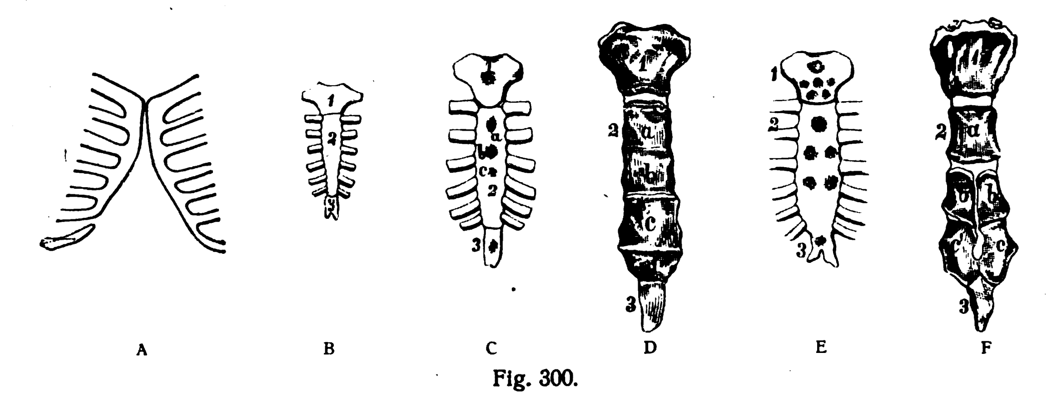


Fig. 300.

Verknöcherung des Brustbeins.
A Ventrale Enden der ersten sieben Rippenpaare mit der **Sternalleiste**; von einem **3 cm langen Fetus.** (Nach G. Ruge.) B Knorpeliges Brustbein aus der **Mitte des Fetallebens**, 1 Manubrium; 2 Corpus; 3 Processus xiphoideus. — C **Brustbein eines Neugeborenen**, 1, 2, 3 stets das Gleiche; bei 1 und 3 je ein Knochenkern; im Körper *a, b, c* Knochenkerne der drei oberen Stücke. — D **Brustbein aus der Pubertätsperiode**, 1 noch vollständig durch eine Knorpellage von 2 getrennt; *a, b* und *c* gleichfalls noch voneinander getrennt; *c* und *d* miteinander verbunden; 3 noch fast vollständig knorpelig. — E **Brustbein eines Neugeborenen** mit einer großen Zahl von Knochenkernen. — F **Brustbein eines Erwachsenen** mit unvollständiger Vereinigung sämtlicher Knochenabschnitte.

der Wirbel, vergrößern sie sich rasch ventralwärts und verhalten sich mit ihrem ventralen Ende in verschiedener Weise. Die sieben oberen knorpligen Rippen nämlich treten mit ihren ventralen Enden zur sogenannten Sternalleiste zusammen (Fig. 300, A). Die Sternalleisten beider Körperhälften aber treten miteinander in mediane Vereinigung, so daß daraus ein mit den Rippenknochen zusammenhängendes einheitliches knorpliges Sternum hervorgeht (Rathke, Ruge). Das Brustbein ist hiernach ein Erzeugnis der Rippen. Die fünf unteren Rippenpaare gehen in die Bildung der Sternalleiste nicht mehr ein, doch deutet die Aneinanderlagerung der Knorpel der siebenten, achten, neunten und zehnten Rippe eine unvollständige Sternalleiste an. Unterbleibt die mediane Vereinigung beider Sternalleisten, so haben wir den Fall einer angeborenen Fissura sterni vor uns.

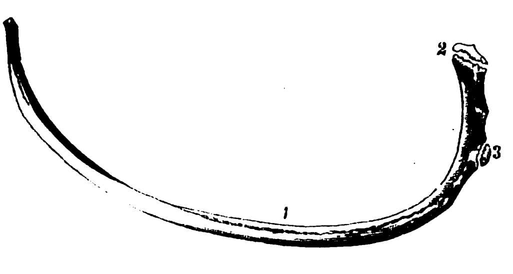


Fig. 301.

Rippe eines achtzehn- bis zwanzigjährigen Mannes.
1 verknöcherter Körper; 2 Epiphyse des Köpfchens; 3 Epiphyse des Höckers.

Die Verknöcherung der Rippen beginnt in der achten Woche. Jede Rippe verknöchert von einem Hauptkern aus, welcher in der Nähe ihres Winkels auftritt. Außerdem besitzen die zehn oberen Rippen Epiphysen an den Köpfchen und an den Höckern, die elfte und zwölfte nur solche an den Köpfchen. Fig. 301.

Die Verknöcherung des **Brustbeins** beginnt spät, zwischen dem vierten und sechsten Fetalmonat. Es bildet sich meist **ein** Knochenkern im Manubrium, eine wechselnde Zahl (vier bis dreizehn) im Körper, welche häufig paarweise in drei bis vier Querreihen stehen; endlich noch ein Kern im Processus xiphoideus (Schwegel). Beim reifen Fetus und im ersten Jahre verschmelzen die einzelnen Kerne des Körpers zu drei bis vier Stücken. Fig. 300.

So verhält es sich mit dem Brustbein und den Costae thoracales. Was aber die rudimentären Rippen der übrigen Gegenden der Wirbelsäule betrifft, so war von den Kernen der Sakralrippen bereits die Rede (S. 210).

Die knorpligen Cervicalrippen verschmelzen alsbald nach ihrer Entstehung mit dem zugehörigen Wirbel; doch erhält jede einen besonderen Knochenkern. Ebenso verhält es sich mit den Lumbalrippen. Durch die Verschmelzung der Cervical- und Lumbalrippen mit den Querfortsätzen zu einem mehr oder weniger einheitlichen Gebilde kommt der früher beschriebene Processus costotransversarius zustande.

J. Markowski, Über die Varietäten der Ossification des menschlichen Brustbeins. Poln. Arch. f. biol. u. med. Wiss. 1. Bd. 1902.

c) Die Knochenkerne des Schädels.

Das erste stützende Organ des embryonalen Kopfes ist der vordere Teil der Chorda dorsalis; die bezügliche Stufe ist das Chordocranium. Die zweite Stufe des stützenden Apparates ist die häutige; sie wird durch den häutigen Schädel, Desmocranium, dargestellt. Ihr folgt als dritte Stufe der knorplige Schädel, Chondrocranium. Durch Verknöcherung eines Teils des knorpligen und häutigen Schädels entsteht der knöcherne Schädel, Osteocranium, welcher noch Teile der knorpligen und der häutigen Stufe enthält.

Die Verknorplung des häutigen Schädels beginnt beim menschlichen Fetus im zweiten Monat; sie wandelt fast die ganze Schädelbasis und einen Teil der Seitenwand in Knorpel um, läßt jedoch das ganze Schädeldach und den oberen Teil der Seitenwand häutig. Bei vielen tief- und hochstehenden Wirbeltieren ist die Verknorplung weit ausgedehnter; sie kann den ganzen Schädel ergreifen.

Beim Menschen werden knorplig angelegt das Occipitale, die Pars petrosa und mastoidea des Schläfenbeins, das Keilbein (ohne Lamina medialis des Flügelfortsatzes), das Siebbein, das Skelet der äußeren Nase. Auch die unteren Teile der Schläfenschuppe und des Parietale sind knorplig. Alle diese, nach den späteren Knochen benannten Knorpel hängen unmittelbar miteinander zusammen und bilden eine einheitliche Masse, welche an ihrem Außenrand sich in den häutigen Schädel fortsetzt (Fig. 286). Knorplig angelegt werden ferner die axialen Teile der Schlundbögen des Embryo, welche alsdann das Knorpelskelet der Schlundbögen darstellen. Aus diesen knorpligen Spangen gehen hervor die Gehörknöchelchen und das Zungenbein, der Processus styloideus und das Ligamentum stylohyoideum.

Da die Chorda dorsalis, wie schon früher hervorgehoben ist, nur bis zur Stelle des Türkensattels sich erstreckt, so unterscheidet man einen chordalen und einen prächordalen Schädelteil. Der letztere erscheint dem ersteren weniger fremd, wenn er als vorderer Schlußbogen der gesamten basalen Knorpelplatte betrachtet wird, so verschieden dieser chondrale Schlußbogen sich bei den verschiedenen Wirbeltieren im einzelnen gestalten mag.

Zeigt der häutige und knorplige Schädel eine Gliederung in Folgestücke, Metameren?

Was die Stufe des häutigen Schädels angeht, so hängen zwar die in Frage kommenden Bindegewebslager ein Ganzes bildend zusammen. Soweit sie aber von mesodermalen Segmenten abstammen, ist auch eine segmentale Anlage des Desmocranium anzunehmen. Dieser segmentale Ursprung der Bindesubstanz ist dann auch auf die Stufe des aus der Verknorplung der jugendlichen Bindesubstanz hervorgehenden Chondrocranium zu übertragen, wenngleich abgegliederte Chondromeren in letzterem sich entweder gar nicht oder nur im hinteren Teil der Schädelbasis ausprägen, wie es bei den Fischen bis zu den Säugetieren nachgewiesen worden ist. Wie viele Desmomeren im menschlichen Schädel vorhanden sind, bleibt noch zu erforschen. So viel aber ist gewiß, der häutige und knorplige Schädel besteht aus so vielen zusammenhängenden oder abgegliederten Folgestücken, als Mesomeren (Ursegmente) sich an seiner Bildung beteiligen.

Was nun die Verknöcherung betrifft, so ist zunächst an die auf S. 62 gegebene Einteilung der Schädelknochen zu erinnern, welche auf entwicklungsgeschichtlicher Grundlage ruht. Es sind dort knorplig präformierte Knochen und Deck- oder Belegknochen der Gehirnkapsel,

ferner knorplig präformierte Knochen und Deckknochen des Visceralskelets unterschieden worden. Ein Teil des knorpligen Primordialcranium bleibt dauernd knorplig (Nasenknorpel), ein anderer schwindet durch Atrophie.

α. Erste Gruppe.

Das Hinterhauptbein zeigt schon im zweiten Fetalmonat vier Knochenkerne (Fig. 303, A). Einer derselben liegt in der Pars basilaris, je einer in den Partes laterales, zwei bald verschmelzende

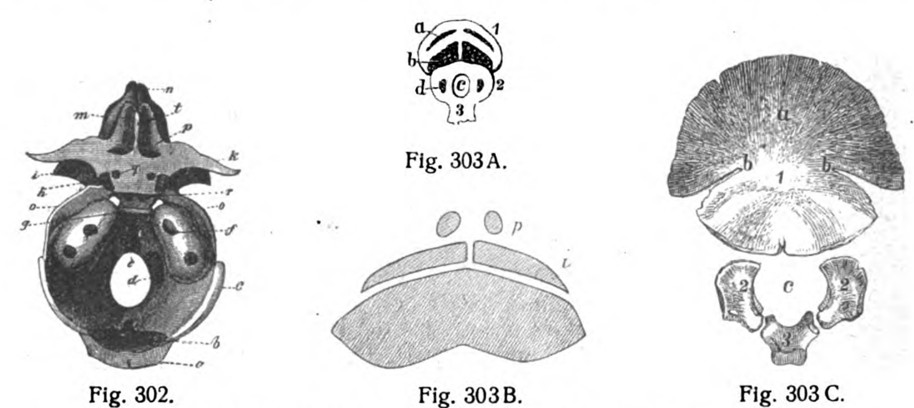


Fig. 303 A.

Fig. 302. Fig. 303 B. Fig. 303 C.

Fig. 302. **Primordialschädel eines drei Monate alten menschlichen Fetus,** von oben.
a obere Hälfte der Squama occipitalis; *b* untere Hälfte derselben; *c* knorpelige Parietalplatte; *d* Pars lateralis ossis occipitalis; *e* Pars basilaris; *f* Pars petrosa mit dem Meatus acusticus internus; *g* Sattellehne; davor zwei Kerne des hinteren Keilbeinkörpers; *h* Kerne in den Processus clinoidei anteriores; *i* größtenteils knöcherne Ala magna; *k* Ala parva; *l* Crista galli; *m* Labyrinth des Siebbeines; *n* knorpelige Nase; *o* Knorpelstreif zwischen der Parietalplatte und dem Keilbeine; *p* Frontalplatte oder knorpeliger Verbindungsstreif zwischen der Ala parva und der Lamina cribrosa; *q* Foramen opticum. (A. Kölliker.)

Fig. 303 A, B und C. **Verknöcherung des Hinterhauptbeines.**
A bei einem **Fetus von zehn Wochen** (nach Meckel). B Hinterhauptschuppe **vom dritten Fetalmonat,** *p* die kleinen Praeinterparietalia; *i* die Interparietalia. (Nach Stieda.) *C* **bei einem Neugeborenen,** 1 Squama; 2 Partes laterales, 3 Pars basilaris; *a* oberes Paar der Knochenkerne; *b* unteres Paar der Knochenkerne in der Schuppe; *c* Foramen occipitale magnum; *d* Knochenkerne der Seitenteile.



Fig. 304.

Fig. 304. **Os Kerckringi eines zwei Jahre alten Kindes.** 1 : 2. (Lengnick, 1897.)

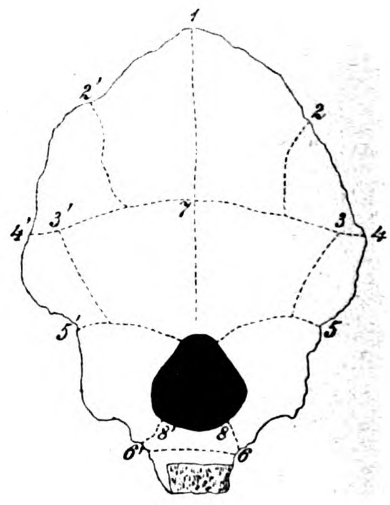


Fig. 305.

Fig. 305. Facies interna des **Occipitale eines zehnjährigen Kindes.** Halbschematisch (nach Pozzi u. Frassetto, 1900). 1 Sutura biinterparietalis; 2 und 2' S. interparietalis lateralis sin. und dextra; 3 und 3' S. cerebellaris lateralis sin. und dextra; 4 und 4' S. transversa squamae occipitalis; 5 und 5' S. squamocondyloidea sin. und dextra; 6—6' S. transversa der Pars basilaris; 7 S. cerebellaris mediana; 8 und 8' S. basioccipitocondyloidea sin. und dextra.

in der knorpligen Squama. Zu diesen tritt ein in häutiger Grundlage entstehendes Kernpaar. Unterbleibt die Verbindung der aus letzterem hervorgehenden Knochentafel mit den unteren Kernen, so geht hieraus das Interparietale (S. 67) hervor.

Diesen Kernen gesellt sich ein ebenfalls in der häutigen Squama sich anlegendes Paar kleiner Knochenkerne zu; die Praeinterparietalia. Fig. 303, B.

Hiermit sind zu vergleichen die Angaben von F. Frassetto (Su la legge che governa la genesi delle suture nel cranio. Verhandl. anat. Ges. XVIII), und Fig. 305.

Das Os oder der Processus Kerckringi ist ein medianer Teil der Squama occipitalis, welcher an der hinteren Begrenzung des For. occipitale magnum teilnimmt. Fig. 304.

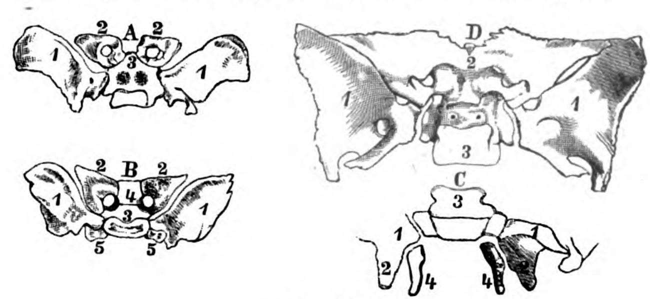


Fig. 306.

Verknöcherung des Keilbeins.

A Keilbein eines **dreimonatigen Fetus**, von oben gesehen, 1 Knochenkern des großen Flügels; 2 Knochenkern für den kleinen Flügel in der Umgebung des Foramen opticum; 3 Knochenkerne des Körpers. *B* Keilbein eines **sechsmonatigen Fetus** (nach Meckel); 1, 3 wie bei *A*; 2 Nebenkerne der kleinen Flügel; 4 Hauptkern der kleinen Flügel; getrennte Kerne der Seitenfortsätze des Körpers. *C* untere Abteilung von *A*, 1 und 3 wie bei *A*. 2 Lamina lateralis; 4 Lamina medialis processus pterygoidei. *D* **Keilbein eines Neugeborenen,** 1 Alae magnae, noch fast vollständig getrennt; 2 Os sphenoidale anterius mit den Alae parvae; 3 Corpus ossis sphenoidalis posterioris. Die beiden Platten der Flügelfortsätze sind bereits miteinander vereinigt.

Das Keilbein geht aus der Verschmelzung eines hinteren und eines vorderen Keilbeins hervor (Fig. 306). In der vorderen knorpligen Verlängerung des Körpers des Hinterhauptbeins entstehen nämlich ein hinteres und ein vorderes Paar von Knochenkernen, welche den Körper des hinteren und des vorderen Keilbeins bilden. Zu ihnen treten zwei seitliche Knochenpunkte im Gebiet des Sulcus caroticus und der Lingula; zwei Kerne für die Ala magna, welche auch die laterale Lamelle des Flügelfortsatzes bilden. Die mediale Lamelle dieses Fortsatzes entsteht auf häutiger Grundlage als Schleimhautknochen. Zwei Knochenkerne bilden die Alae parvae;

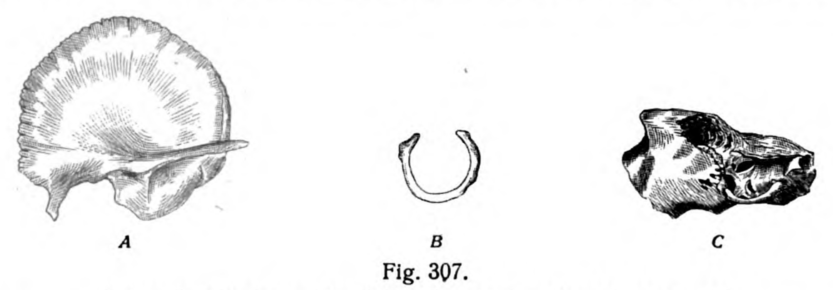


Fig. 307.

Getrennte Teile des rechten Schläfenbeines eines Neugeborenen. 1 : 1.

A Schuppe mit Jochfortsatz; *B* Paukenring, oben offen; *C* Warzen- und Felsenteil, an welchem die mediale Wand der Paukenhöhle sichtbar ist.

sie erscheinen früher als der paarige Kern des vorderen Keilbeinkörpers, mit welchem sie nach dem sechsten Monat verschmelzen. Schon vor der Geburt hat die knöcherne Verschmelzung des vorderen und des hinteren Keilbeins begonnen. Die Conchae sphenoidales sind Teile des Siebbeins und entstehen als Belegknochen der hinteren Enden des Siebbeinlabyrinths (Dursy).

Die Verknöcherung des Siebbeins beginnt im fünften Monat in der Lamina papyracea, dann in der mittleren Muschel. Im ersten Jahre verknöchern die senkrechte Platte, die obere Muschel, das Labyrinth und die Lamina cribrosa.

Das Schläfenbein zeigt sich noch beim Neugeborenen als Komplex verschiedener Knochen (Fig. 307). Die Pars petrosa und mastoidea gehen mit mehreren Knochenkernen aus jenem Abschnitt des knorpligen Primordialschädels hervor, welcher das innere Ohr einschließt und daher

knorplige Ohrkapsel genannt wird. Das innere Ohr (häutige Labyrinth) erhält außerdem eine auf häutiger Grundlage entstehende besondere knöcherne Labyrinthkapsel, welche in der Pars petrosa gelegen ist und aus ihr herausgeschält werden kann. Der Griffelfortsatz des Schläfenbeins ist ursprünglich ein Knorpelstück, welches aus dem oberen Ende des zweiten knorpligen Schlundbogens hervorgeht und einen besonderen Knochenkern erhält. Zu diesen Teilen treten noch zwei auf häutiger Grundlage entstehende Knochen, die Schuppe und der Paukenteil. Letzterer ist noch beim Neugeborenen eine schmale, oben offene Spange, welche in einer Furche das Trommelfell aufnimmt (s. auch Figg. 105, 106, 256, 314).

β. Zweite Gruppe.

Die Deck- oder Belegknochen der Schädelkapsel beginnen am Ende des zweiten und im Anfang des dritten Fetalmonats ihre Knochenkerne zu bilden. Letztere entstehen in Form kleiner Inseln, welche zu größeren Tafeln sich vereinigen; in ähnlicher Weise breiten sie sich bei weiterem Wachstum in die Fläche aus. Unterbleibt die Verschmelzung solcher Inseln mit der Nachbarschaft, so kommt es zur Ausbildung von Naht- und Schaltknochen, und es wird begreiflich, daß das ganze Schädelgewölbe unter Umständen aus Hunderten von Nahtknochen bestehen kann. Vergl. S. 114.



Fig. 308.

Fig. 308. **Stirnbein eines Fetus kurz vor der Geburt.** 1 und 2 bezeichnen die zwei Verknöcherungszentren des Knochens, an deren jedem man die vom Stirnhöcker ausgehenden Knochenstrahlen sieht.



Fig. 309.

Kindliches Pflugscharbein kurze Zeit nach der Geburt. Es besteht aus zwei unten und hinten miteinander vereinigten Platten.

Das Scheitelbein entsteht am Ende des zweiten Monats mit zwei Kernen, einem oberen und einem unteren, die aber bald zu einem sich vereinigen.

Das Stirnbein (Fig. 308) hat außer zwei symmetrisch gelegenen Hauptkernen, die im zweiten Monat auftreten, noch mehrere Nebenkerne, einen an der Spina frontalis, einen unterhalb der Spina trochlearis, einen im Gebiet des Processus zygomaticus. Das Stirnbein ist ursprünglich ein paariges Gebilde, dessen beide Hälften erst im zweiten Jahr zu verschmelzen beginnen, manchmal aber dauernd getrennt bleiben. Die Sinus frontales beginnen schon im ersten Jahr sich zu bilden; sie vergrößern sich aber nur langsam bis zur Geschlechtsreife.

Die Nasen- und Tränenbeine entwickeln sich als Belegknochen der knorpligen Nasenkapsel, ersteres beginnt im zweiten, letzteres im dritten Fetalmonat.

Sogar das Pflugscharbein (Fig 309) ist ursprünglich paarig, worauf beim Erwachsenen noch mehrere Erscheinungen hinweisen. Es geht hervor aus einem Paar von Schleimhautknochen, welche zu beiden Seiten der knorpligen Nasenscheidewand im dritten Monat auftreten. Später schwindet der dazwischengelagerte Knorpel und die beiden dünnen Vomerhälften treten in mehr oder weniger enge Verbindung.

γ. Dritte Gruppe.

Die Gehörknöchelchen, Stücke des ersten und zweiten knorpligen Schlundbogens, beginnen im vierten Fetalmonat vom Perichondrium aus zu verknöchern; sie haben uns noch später zu beschäftigen. Fig. 310.

Das Zungenbein, aus Stücken des zweiten und dritten knorpligen Schlundbogens hervorgehend, welche durch eine Copula, den Körper des Zungenbeins, miteinander verbunden sind, beginnt dementsprechend am Ende des Fetallebens von mehreren Punkten aus zu verknöchern.

δ. Vierte Gruppe.

Der Oberkiefer (Fig. 311) geht jederseits aus einem Paar Knochen hervor: aus dem Oberkiefer im engeren Sinne und aus dem Zwischenkiefer, von welchem der letztere schon in der sechsten Woche angelegt wird. Wie viele Kerne sich an der Ausbildung des Oberkiefers beteiligen, ist noch unsicher, es werden bis fünf Kerne beschrieben. Die Zwischenkiefer verschmelzen beim Menschen frühzeitig mit dem Oberkiefer.

Eine vom Foramen incisivum des Erwachsenen ausgehende, häufig vorkommende Quernaht zeigt die frühere Trennung an. (Figg. 129—131, 314.) Das Foramen und der Canalis incisivus selber

sind die letzten Reste einer auf früherer Stufe viel größeren Verbindung der Mundhöhle mit der Nasenhöhle. Dies hängt damit zusammen, daß der Gaumen mit den Gaumenfortsätzen der Oberkiefer und den horizontalen Platten der Gaumenbeine ein spätes Gebilde ist, welches allmählich von der lateralen Seite gegen die Mittellinie hinwächst und mit dem der anderen Seite sich ver-

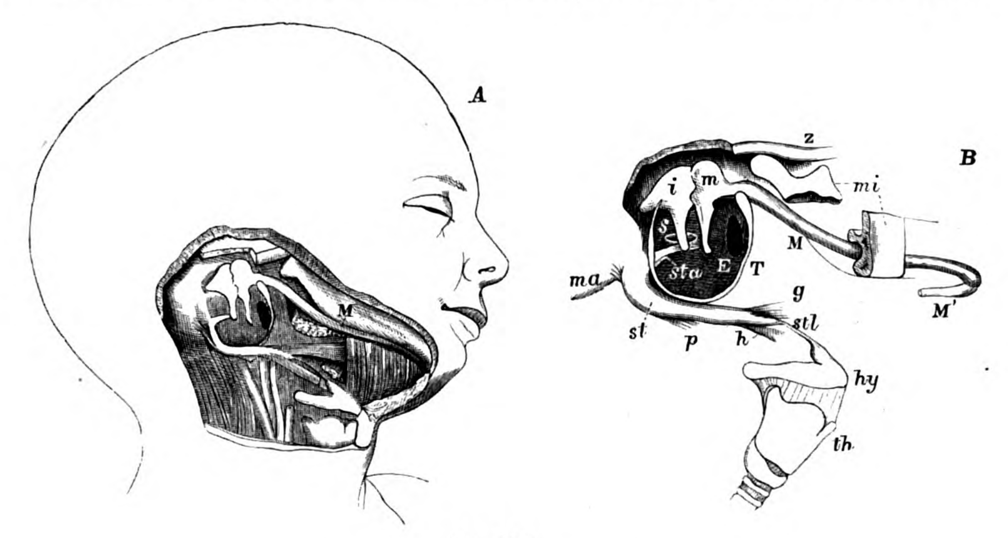


Fig. 310.

Zur Entwicklung der Gehörknöchelchen.

A Kopf mit Hals eines menschlichen Fetus aus der 18. Woche (nach Kölliker). *B* vergrößerte Skizze der wesentlichen Teile eines ähnlichen Präparates, mit Bezeichnung der einzelnen Teile. *z* Jochbogen; *ma* Processus mastoideus; *mi* Stücke des Unterkiefers; *M* Meckelscher Knorpel der rechten, *M'* der linken Seite; *T* Anulus tympanicus; *m* Hammer; *i* Amboß; *s* Steigbügel; *sta M.* stapedius; *st* Processus styloideus; *stl* Lig. stylohyoideum; *hy* Zungenbein; *th* Cartilago thyreoidea des Kehlkopfes; *p M.* stylopharyngeus; *h. M.* stylohyoideus; *g M.* styloglossus; *E* Ostium tympanicum tubae auditivae.

bindet. Unterbleibt diese Vereinigung, bleiben die Gaumenhälften auf früher Stufe stehen, so haben wir die angeborene Gaumenspalte, den Wolfsrachen, vor uns. Unterbleibt die Vereinigung der zu dem Oberkiefer zusammentretenden Teile sowie der dazu gehörigen Weichgebilde, so liegt eine Kieferspalte vor, welche dem Angegebenen entsprechend verschiedener Art sein kann. Erstreckt sich die Nichtvereinigung auf die Lippen, so haben wir die Lippenspalte mit ihren verschiedenen Formen vor uns. S. Abt. IV.

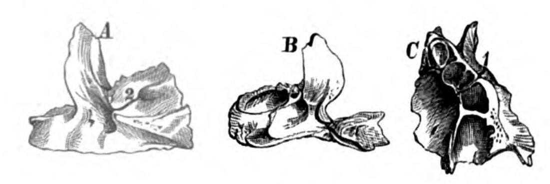


Fig. 311.

Verschiedene Ansichten des Oberkieferbeines eines vier- bis fünfmonatigen Fetus.

A äußere Ansicht. Eine Spalte *(2)* dringt von der Augenhöhle in den Unteraugenhöhlenkanal. *B* innere Ansicht. Die Schneidezahnspalte 1 dehnt sich nach oben von dem Foramen incisivum aus bis in den Stirnfortsatz. *C* untere Ansicht mit den unvollständigen Zahnalveolen; zwischen der zweiten und dritten Alveole dringt die Fissura incisiva *(1)* hindurch.

Das Jochbein entsteht im zweiten Monat nach der Mehrzahl der Autoren nur mit einem Knochenkern, nach anderen aber mit zwei Kernen, zu denen sich unter Umständen auch ein dritter gesellen kann.

Die Gaumenbeine sind gleich den medialen Platten der Processus pterygoidei des Keilbeins Schleimhautknochen. Der Processus pyramidalis hat zwei nicht ganz beständige Knochenkerne.

Der Unterkiefer, noch beim Neugeborenen ein paariger Knochen, ist der Hauptsache nach ein Belegknochen des Meckelschen Knorpels, d. i. der knorpligen Stütze des embryonalen Unterkieferbogens (Fig. 310) und tritt als solcher in der Mitte des zweiten Fetalmonats zunächst an der Außenfläche des Knorpels auf, gestaltet sich jedoch bald rinnenförmig und schließt letzteren ein. Der vordere Teil des Knorpels geht in die Ossifikation ein, der mittlere verkümmert allmählich, der hintere bildet sich in das Ligamentum sphenomandibulare um, welches sich von der Lingula mandibulae zur Fissura petrotympanica erstreckt. Auf den ursprünglichen Zusammenhang des Meckelschen

Knorpels mit dem Hammer und Amboß wurde oben bereits hingewiesen. Am hinteren Ende der jungen Knochenanlage entwickelt sich ein Knorpelansatz, welcher bei dem weiteren Wachstum eine große Rolle spielt und den Gelenkfortsatz hervorgehen läßt. An der medianen Verbindungsstelle beider Unterkieferhälften, welche im Laufe des ersten Jahres synostosieren, liegt manchmal ein kleiner besonderer, manchmal doppelter Knochenkern (Kölliker). Das Temporo-Mandibulargelenk unterliegt noch verschiedener Auffassung. Für den Fall, daß das Quadratum der niederen Wirbeltiere dem Squamosum der Säuger entsprechen sollte, liegen die Dinge einfach; anders, wenn das Quadratum dem Amboß homologisiert wird. Im ersteren Fall ist das Unterkiefergelenk aller Vertebraten eine homologe Bildung, im letzteren Fall aber stellt bei den Säugetieren das Unterkiefergelenk eine Neubildung dar.

Figg. 139, 256 zeigen den Unterkiefer des Neugeborenen, die sehr stumpfwinklige Stellung des Astes tritt deutlich hervor.

Fontanellen, Fonticuli. Figg. 256, 313, 314.

Durch das Wachstum der zahlreichen Knochenkerne des Schädels sind letztere während des langdauernden intrauterinen Lebens der Frucht teils miteinander verschmolzen, teils einander mehr oder weniger nahegerückt. Wo letzteres der Fall ist, besteht die Verbindungsmasse entweder aus Knorpel (Schädelbasis) oder aus zellenreichem Bindegewebe (Schädeldach). Stellen des Schädeldaches, an welchen zwischen den Rändern von Nachbarknochen noch größere unverknöcherte Lücken vorhanden sind, heißen Fontanellen. Diese Stellen erscheinen dem fühlenden Finger weich und nachgiebig, wenn sie groß genug sind; sie können einsinken oder sich vorwölben, entsprechend den Druckverhältnissen im Innern des kindlichen Schädels, daher der Name.

Größere solche Lücken sind bei der Geburt sechs vorhanden, zwei median gelegene auf der Höhe des Schädels, die vier anderen, zwei auf jeder Seite, in der Nähe der Schädelbasis. Erstere werden Medianfontanellen, letztere Seitenfontanellen genannt. Sie alle entsprechen in ihrer Lage den vier Winkeln des Seitenwandbeines.

Von den oberen Fontanellen liegt die vordere zwischen dem Stirnbein und den Scheitelbeinen, die hintere zwischen den Scheitelbeinen und dem Hinterhauptbein. Die erstere, Fonticulus frontalis (s. quadrangularis), große Fontanelle, Stirnfontanelle, ist länglich-viereckig, mit je zwei gleichen Seiten, zwei hinteren kürzeren und zwei vorderen längeren, so daß der spitzere Winkel vorn zwischen beiden Stirnbeinhälften, der stumpfere hinten zwischen beiden Scheitelbeinen liegt, während die seitlichen Arme der Fontanelle von nahezu rechten Winkeln begrenzt werden. Im Mittel mißt diese Fontanelle bei der Geburt in der Längsrichtung 2,15 bis 3 cm.

Die zwischen den Scheitelbeinen und dem Hinterhauptbein gelegene Fontanelle, Fonticulus occipitalis (s. triangularis), kleine Fontanelle, Hinterhauptfontanelle, ist viel kleiner als die Stirnfontanelle, in der Breitenrichtung stärker ausgedehnt, mit vorderer stumpfer, seitlichen scharfen Spitzen, an ihrer hinteren Seite durch die Spitze des Hinterhauptbeins leicht eingebuchtet.

Von den Seitenfontanellen ist ebenfalls in der Regel die vordere, Fonticulus sphenoidalis, Keilbeinfontanelle, die größere. Sie ist vorn unter nahezu rechten Winkeln durch das Stirnbein, das Scheitelbein und den großen Keilbeinflügel begrenzt; hinten dringt sie mit einer spitzen Verlängerung zwischen die Schläfenschuppe und das Scheitelbein ein.

Die hintere Seitenfontanelle, Fonticulus mastoideus, Warzenfontanelle, ist unregelmäßig dreieckig und mit der stärksten Spitze abwärts gerichtet. Sie wird von dem Warzenteil des Schläfenbeins, von dem Scheitelbein und von der Hinterhauptschuppe begrenzt.

Nach der Geburt beginnt die allmähliche knöcherne Verschließung der Fontanellen. Am längsten, bis zum zweiten oder dritten Jahr, bleibt die Stirnfontanelle erhalten.

Durch diese Schädellücken und die noch beweglichen angrenzenden Nahtverbindungen werden bei der Geburt ansehnliche Verschiebungen der Schädelknochen ermöglicht, namentlich in sagittaler Richtung. Die Scheitelbeine lagern sich dann mit ihren Rändern über das Stirnbein und das Hinterhauptbein.

Adachi, Über die Seitenfontanellen. Zeitschr. f. Morphologie u. Anthropologie. II, 1900. Die Fontanellen schließen sich in folgender Reihenfolge: Fonticulus occipitalis, sphenoidalis, mastoideus, frontalis. Sie finden sich in dieser Reihenfolge geschlossen im 3., 6., 18., 36. Lebensmonat, mit Schwankung nach beiden Zeitseiten. Von den beiden Seitenfontanellen ist die hintere die weitere. Die vordere wird bald von drei, bald auch von vier, bald auch von fünf Knochen begrenzt. — Schwalbe, G., Die Fontanella metopica (mediofrontalis) und ihre Bildungen. Zeitschr. f. Morphologie und Anthropologie III, 1901.



Fig. 312. Fersenbein, Architektur der Spongiosa.
(Nach Röntgenphotographie.)

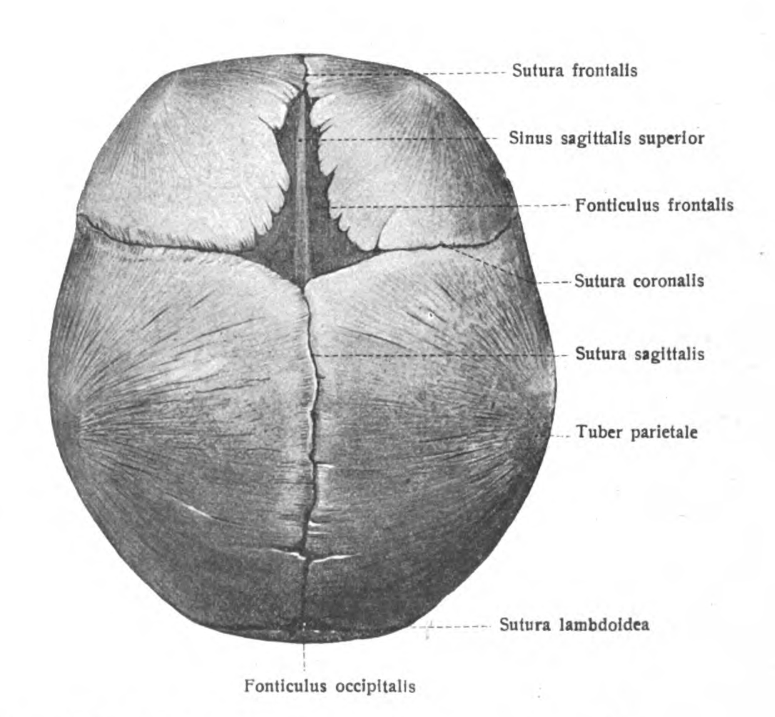


Fig. 313. Schädel vom **Neugebornen** von oben (1/1).

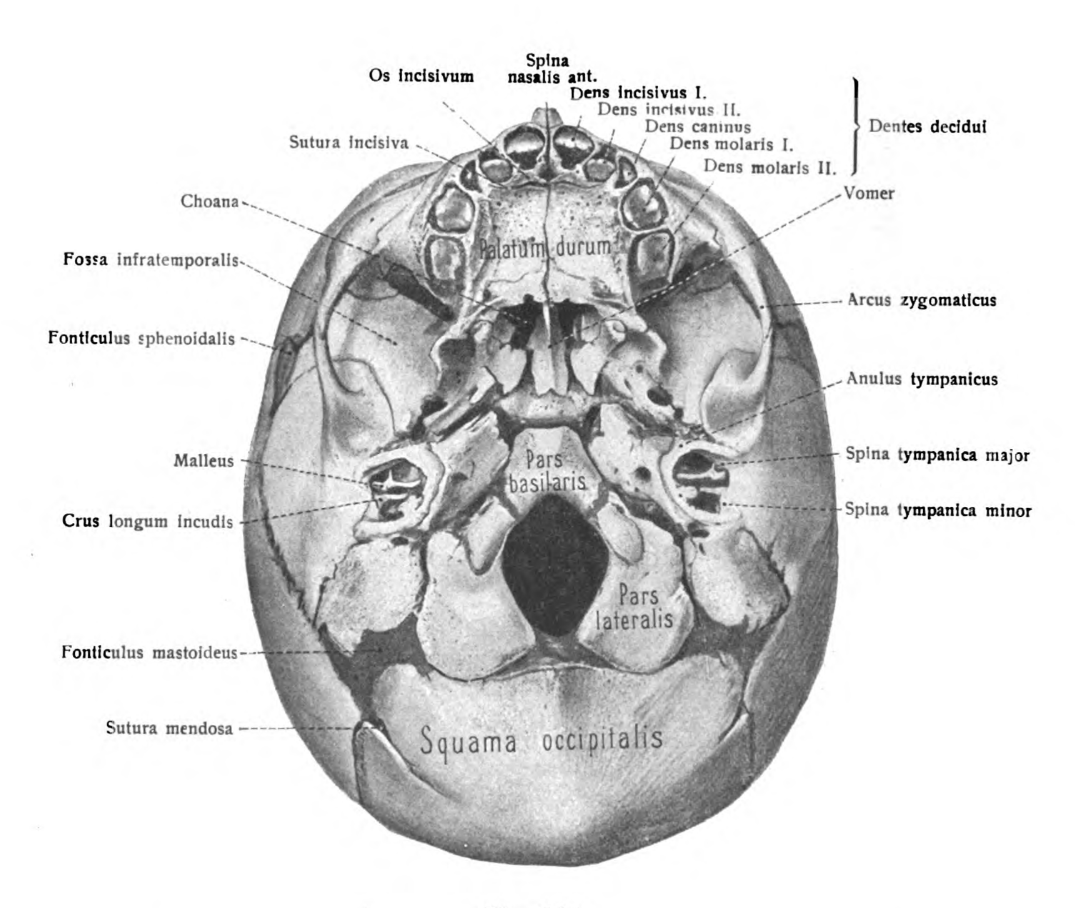


Fig. 314.

Äußere Schädelbasis, Basis cranii externa vom **Neugebornen** (1/1).

Verhältnis des Schädels zum Rumpfskelet.

Der Kopf stellt gegenüber dem Rumpf eine besondere Erscheinung dar und ist dem Aussehen nach so verschieden von letzterem, daß der Antrieb zur Vergleichung nicht sofort angeregt zu werden pflegt. Leichter schon gelangt man dazu, an dem Skelet Vergleichungen anzustellen zwischen dem Schädel und dem Rumpfskelet.

Eine eingehendere Betrachtung belehrt hier schon am Skelet des Erwachsenen über einige Grundlagen. Wir nehmen wahr, daß das knöcherne Gehäuse für das Rückenmark bei seinem Übergang auf den Schädel für die Aufnahme des Gehirns eine plötzliche bedeutende Ausweitung und an dem vorderen Ende einen Abschluß erhält. Wir bemerken in zweiter Linie am Schädel ansehnliche paarige Lagerstätten für eine Gruppe von wichtigen Sinnesorganen, nämlich für das Seh-, Geruchs- und Gehörorgan. Drittens machen sich die von knöchernen Wänden umgebenen Eingänge in den Atmungs- und Verdauungskanal auffallend bemerklich.

Während aber die Wirbelsäule sich aus einer großen Anzahl von Folgestücken, Wirbeln, zusammengesetzt zeigt, macht der Schädel des Erwachsenen trotz seiner zahlreichen Knochen eher den Eindruck eines einheitlichen Gebildes. So ist es leicht begreiflich, daß man am Schädel nicht allein eine allgemeine Ähnlichkeit mit der Wirbelsäule auffand (Peter Frank, 1791), sondern auch, daß man in dem Schädel einen Riesenwirbel erblicken zu dürfen glaubte (Duméril). Man bemerkt, daß hier zum erstenmal ein neues wichtiges Problem auftaucht, das Problem des Schädels; und man erfährt zugleich von den frühesten Versuchen seiner Lösung.

Früher oder später mußte man dazu gelangen, jugendliche Schädel einer allgemeinen Beurteilung mit Beziehung auf die Wirbelsäule zu unterwerfen.

Die Betrachtung junger menschlicher oder tierischer Schädel, deren Knochenkomplexe noch in ihren einzelnen Gliedern mehr oder weniger unverwachsen und offen vorlagen, zeigte mehr als der erwachsene Schädel. Man glaubte sich in der Tat auf Grund des überraschenden Befundes an jugendlichen Schädeln ohne weiteres berechtigt, eine Wirbelgliederung in den aufeinanderfolgenden Schädelknochen junger Individuen erblicken zu dürfen. Der Körper des Hinterhauptbeines, des Keilbeines oder des hinteren und vorderen Keilbeines, des Siebbeines schienen Wirbelkörper darzustellen; es war nicht schwer, die dazugehörigen Bogengebilde zu finden. In der Zahl der anzunehmenden Wirbel des Schädels wurde man jedoch nicht einig. Man schwankte in der Annahme von drei bis sechs Schädelwirbeln. Dies ist die zweite Phase der Entwicklung des Schädelproblems. Goethe, Oken, Spix, Cuvier, Bojanus, Burdach, Meckel, Carus, Arnold sind die Hauptvertreter dieser Anschauung. Es läßt sich leicht ermessen, welchen gewaltigen Eindruck überall die neue Lehre machen mußte. Das Rätsel des Schädels, des Kopfes, ja des Menschen, schien im wesentlichen gelöst zu sein.

Die knöcherne Stufe ist aber eine sehr späte Stufe des Schädels, auch wenn sie zu einer Zeit zur Untersuchung gelangt, in welcher die Verknöcherung noch nicht zum Abschluß gelangt ist. Es konnte also nicht ausbleiben, daß auch das Chondrocranium und Desmocranium, d. i. die früheren Stufen des Schädels, für die Lösung der Frage Verwertung fanden. Es ergab sich, daß aus der Verknorpelung des zusammenhängenden, häutigen Schädels ein einheitliches, knorpeliges Primordialcranium hervorgeht, soweit überhaupt die Verknorpelung sich über die häutige Schädelkapsel erstreckt. Nur im hintersten Bereiche der Schädelbasis wurden mit der Zeit einzelne Chondromeren bei den verschiedensten Wirbeltieren gefunden, welche später mit dem übrigen knorpeligen Primordialschädel verschmelzen. Diese partielle hintere Chondromerie tat aber im ganzen der Schärfe des Gegensatzes keinen Abbruch, in welchem sich das knorpelige Primordialcranium zur chondromeren Wirbelsäule befindet.

Nun hat ferner der Schädel auch ein splanchnisches Skelet. Aus der Zahl der Knorpelbögen des Visceralskelets (Branchialbögen) konnte, so mußte man vermuten, auf die Zahl der zugehörigen Wirbel zurückgeschlossen werden. Allein die Frage der Branchiomerie ist für sich selbst ein schwieriges Problem. Die knorpeligen Branchialbögen sind keine Rippen, sondern ganz andere Skeletteile. Es ist möglich, daß sie in gleicher Segmentierung angelegt werden wie Rippen, aber unbedingt sicher ist es nicht. Es konnten weniger oder mehr Branchialbögen angelegt werden als etwa Wirbelkörper des Schädels in dem knorpeligen Primordialcranium latent oder offenbar enthalten sind.

Nicht anders ist es mit dem Versuch, die Kopfnerven zur Bestimmung der im Schädel latenten Wirbel zu verwerten. Die Neuromerie ist ein noch schwierigeres Problem als die

Wirbelgliederung des Schädels. Das Ungelöste zur Lösung anderer Fragen zu benutzen, ist aber ein mißliches Unternehmen..

Wenn nun also die Branchiomerie und ebenso die Neuromerie nur mit Vorbehalt zur Entscheidung der Frage herangezogen werden können, so werden wir uns umsehen müssen nach denjenigen Zellenlagern, welche den häutigen Schädel erzeugen. Es liegt auf der Hand, daß die Anzahl der mesodermalen Segmente im Schädel in erster Linie entscheidet über die im Schädel anzunehmende Wirbelzahl; denn sie erzeugen den Schädel. Im Kopf von Hai-Embryonen sind deren neun und mehr aufgefunden worden. Wie sich die entsprechenden Verhältnisse bei den folgenden Wirbeltierklassen gestalten werden, entzieht sich vorläufig der sicheren Beurteilung.

Leicht ist es einzusehen, warum im knorpeligen Primordialcranium eine Segmentierung in Chondromeren unterbleibt oder nur an der Grenze gegen die Wirbelsäule zum Ausdruck gelangt. Dies geschieht in Anpassung an das Gehirn und ist bedingt durch die schwachen Muskelanlagen des Kopfes.

Wenn endlich die Ossifikation das Primordialcranium ergreift, so können vielleicht die Ossifikationspunkte in derselben Folge und Zahl aufgereiht sein, wie die mesodermalen Segmente; aber es können auch weniger oder mehr sein. Die Osteomerie gibt keine Sicherheit über die Zahl der im Schädel latenten Segmente. Die Zahl der Knochenkerne ist vor allem bedingt durch die

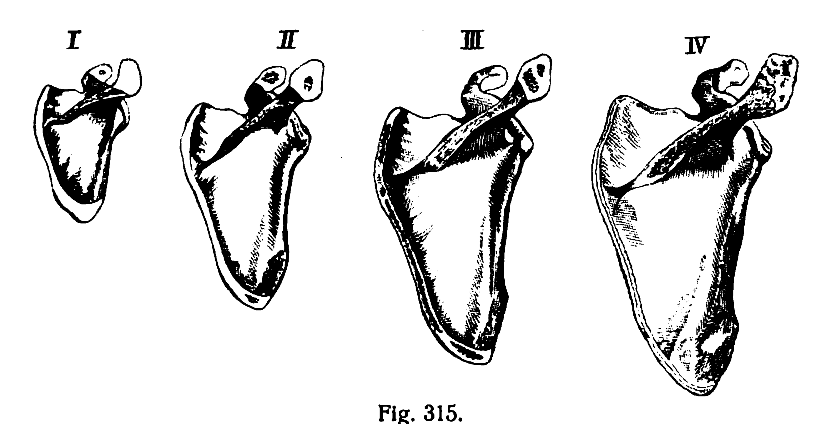


Fig. 315.

Verknöcherung des Schulterblattes.

I Schulterblatt eines **einjährigen Kindes.** Man sieht die ausgedehnte Platte des primären Kernes und den Knochenkern des Rabenschnabelfortsatzes; *II* Schulterblatt eines **fünfzehn- bis sechzehnjährigen Knaben.** Die Vereinigung des Rabenschnabelfortsatzes ist nur zum Teil erfolgt; ein Knochenkern ist im Acromion und ein anderer in der Nachbarschaft der Basis aufgetreten; *III* Schulterblatt **im 17. bis 18. Jahre.** Ein zweiter Knochenkern ist im Acromion entstanden und an der Basis ist die Verknöcherung vorgeschritten; *IV* Schulterblatt eines etwa **zweiundzwanzigjährigen Mannes.** Die Vereinigung der sekundären Verknöcherungsstellen mit dem primären Knochen ist soeben erfolgt.

Wachstumsverhältnisse des Schädels, nicht notwendig durch latente Wirbelanlagen. Dem Angegebenen nach sind häutige Wirbelanlagen des Schädels so viele vorhanden, als Mesodermsegmente sich an der Bildung des häutigen Schädels beteiligen; wirkliche knorpelige Wirbel sind nur so viele da, als im hinteren Abschnitt der Schädelbasis Chondromeren zur Anlage kommen; das Vorkommen knöcherner Wirbel im Schädel ist überhaupt zweifelhaft.

Im ganzen genommen wollen wir uns jedoch durch diese Einsicht die Freude an der Gewißheit nicht verringern lassen, daß das Schädelproblem, ein wichtiger Teil des Kopfproblems im ganzen, der Hauptsache nach schon durch die ersten gelöst worden ist, die sich ihm zugewandt haben. Daß sie homologe Gebilde zu sehen glaubten, wo wahrscheinlich nur analoge Gebilde vorliegen, verringert in nichts den Wert des Grundgedankens.

Fischer, E., Das Primordialcranium von Talpa europaea. Anat. Hefte. Nr. 56/57. 1901.

Die Fragen nach der Kopfmetamerie der Selachier formuliert A. N. Sewertzoff folgendermaßen: 1. Ist der Kopf der Haie und der Rochen nach demselben Typus segmentiert oder nach zwei verschiedenen? 2. Wenn letzteres der Fall ist, welcher Typus der Segmentation, der der Haie (mit einer Anzahl von 9—10 Metameren) oder der der Rochen (mit einer Anzahl von z. B. 18 Metameren), kann als der primitivere angesehen werden? Die Polymerie des Rochenkopfes ist nach S. ein sekundäres Merkmal und hängt wahrscheinlich mit dem allgemeinen Kürzerwerden des Körpers zusammen.



d) Die Knochenkerne der oberen Extremität.

Auch am Skelet der Extremitäten sind wie bei dem Stammskelet eine häutige, knorpelige und knöcherne Stufe zu unterscheiden. Das knorpelige Schulterblatt ähnelt in seiner Form der des Erwachsenen, doch ist der Margo vertebralis verhältnismäßig viel kürzer. Die Verknöcherung beginnt in der achten Fetalwoche vom Collum scapulae aus. Der knorpelige Processus coracoideus erhält im ersten Lebensjahr einen besonderen Knochenkern. Andere Kerne erscheinen erst später, so im zehnten oder elften Jahr das Punctum subcoracoideum seu bicipitale; zur Zeit der Pubertät der Spitzen- und Basalkern des Processus coracoideus, zwei bis drei Akromialkerne, der flache Pfannenkern, der Kern des Margo vertebralis, der unbeständige Spinalkern. Bis zum 25. Jahr hat die Scapula in der Regel alle Haupt- und Nebenkerne aufgenommen. Fig. 315.

Die Diaphyse des Schlüsselbeins entsteht (zuerst von allen Knochen des Skelets) schon in der sechsten Fetalwoche, durch bindegewebige Verknöcherung. Das Längenwachstum geschieht unter Knorpelansatz an beiden Enden. Das sternale Endstück erhält zwischen dem 15. und 20. Lebensjahr einen besonderen Kern. Fig. 316.

Fig. 316.
Verknöcherung des Schlüsselbeins.
a Schlüsselbein eines **Neugeborenen**, 1 Schaft knöchern; 2, 3 beide Enden knorpelig; b Schlüsselbein eines **23jähr. Mannes**; 1 Schaft bis zum Acromialende (2) vollständig verknöchert; 3 Epiphyse des Sternalendes.

Die Humerus verknöchert von einem den Schaft einnehmenden Hauptkern (Diaphysenkern) aus, welcher sich schon in der sechsten bis siebenten Woche anlegt. Zur Zeit der Geburt sind die beiden Epiphysen noch rein knorpelig. Im ersten Jahr erscheint ein Kern in der proximalen Epiphyse, etwas später ein Kern in dem Capitulum. Darauf erhalten Tuberculum majus und minus je einen Kern. Zu ihnen tritt noch je ein Kern in den beiden Epikondylen und in der Trochlea. Fig. 317.

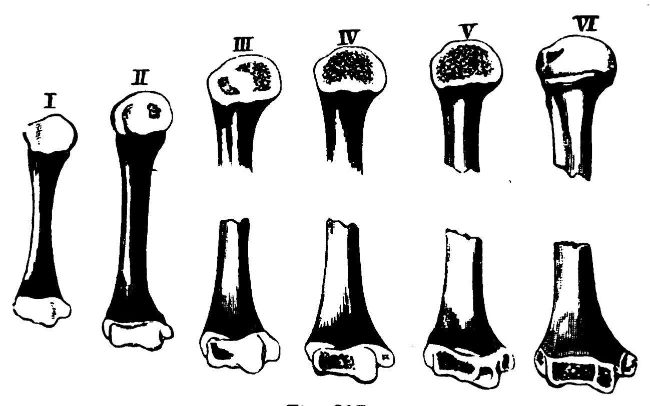


Fig. 317.
Verknöcherung des Oberarmbeins.
I von einem **ausgewachsenen Fetus**; *II* von einem **Zweijährigen**; *III* Oberarmbein im **dritten Jahr**; *IV* im **fünften Jahr**; *V* im **zwölften Jahr**; *VI* zur **Pubertätszeit.**

Die Verknöcherung des Radius und der Ulna beginnt in der siebenten Fetalwoche mit je einem Diaphysenkern. Beide Epiphysen bleiben nach der Geburt noch lange knorpelig und erhalten erst später ihre Kerne. Die distalen Epiphysen im zweiten Jahr (Radius) und im sechsten Jahr (Ulna). Der proximale Epiphysenkern tritt im Radius einfach, in der Ulna doppelt auf (medialer und lateraler Kern des Olecranon). Accessorische Kerne sind diejenigen der Tuberositas radii, des Processus coronoideus ulnae, die Kerne der Proc. styloidei; nach Schwegel auch ein Zwischenkern distal vom Olecranon.

Die Handwurzelknorpel treten schon im zweiten Fetalmonat auf und bleiben meist bis zur Geburt knorplig. Die Verknöcherung vollzieht sich bei allen von je einem Knochenkern aus. Von einem neunten Handwurzelknochen (Centrale carpi) und vielen anderen accessorischen Carpalia war schon oben (S. 160 u. f.) die Rede.

Die Metacarpalia erhalten ihren Diaphysenkern schon in der neunten Fetalwoche, und zwar meist in folgender Reihe: II, III, I, IV, V (Schwegel). In derselben Reihenfolge verknöchern

auch die knorpligen Phalangen, die der proximalen Reihe früher als die anderen. Bei der Geburt besitzen alle diese Knochen je eine große knorplige Epiphyse, welche bei den **Metacarpalia** II

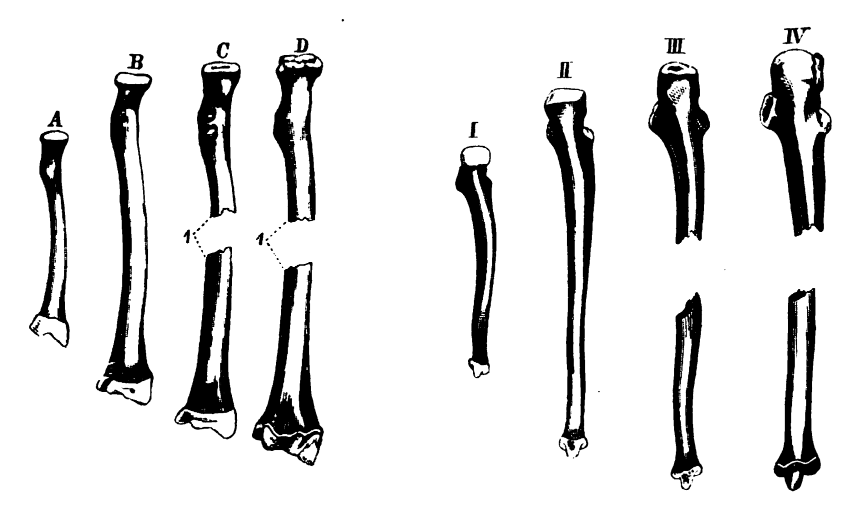


Fig. 318. Fig. 319.

Fig. 318. **Verknöcherung der Speiche.** *A* Speiche eines **Neugeborenen**; *B* Speiche aus dem **zweiten Jahr**; *C* Speiche im **fünften Jahr**; *D* im **achtzehnten Jahr**; 1 Schaft.

Fig. 319. **Verknöcherung der Elle.**
I vom **Neugeborenen**; *II* vom **vierten Jahr**; *III* vom **zwölften Jahr**; *IV* vom **zwanzigsten Jahr.**

bis V am distalen, bei dem Metacarpale I und bei allen Phalangen am proximalen Ende liegt. Früher oder später tritt in ihnen je ein besonderer Kern auf. Nach Schwegel sollen übrigens alle Metakarpalien und Phalangen an beiden Enden Epiphysenkerne besitzen (vergl. hierüber Hasselwander, A., Ergebn. d. Anat. 23. Bd. 1921).

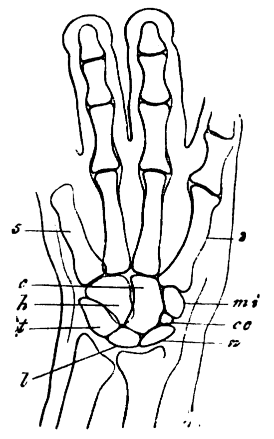


Fig. 320.

Flächenansicht der **Hand** eines menschlichen **Fetus** vom **dritten Monat.** Daumen und Carpale primum (multangulum majus) nicht sichtbar. 10 : 1 *n* Naviculare (radiale); *l* Lunatum (intermedium); *t* Triquetrum (ulnare); *cc* Centrale carpi; *mi* Multangulum minus (carpale secundum); *c* Capitatum (carpale tertium); *h* Hamatum (carpale quartum); 2 zweites Metakarpale; 5 fünftes Metakarpale. (Nach Kölliker.)

e) Die Knochenkerne der unteren Extremität.

Der Beckengürtel besteht auf der knorpeligen Stufe aus einem linken und rechten Hüftbeinknorpel, welche in der Symphysis ossium pubis durch Bindegewebe miteinander verbunden werden und in der Mitte die Hüftpfanne tragen. Der Schamknorpel tritt gesondert auf und verschmilzt dann mit dem übrigen Knorpelstück (Rosenberg-Mehnert).

Die Verknöcherung beginnt am Ende des dritten Fetalmonates von drei Stellen aus und läßt ein knöchernes Ilium, Ischium und Pubicum, hervorgehen, so jedoch, daß zur Zeit der Geburt noch ansehnliche Knorpelreste vorhanden sind. Sitz- und Schambeinkern können doppelt sein. Zwischen dem sechsten und vierzehnten Jahr entstehen drei besondere Kerne in dem das Acetabulum umgebenden Knorpelgebiet: Epiphyses acetabuli (Schwegel). Von diesen hat einer, Os acetabuli (W. Krause), besondere Bedeutung insofern er bei gewissen Tieren das Schambein von der Pfanne ausschließt. Andere Nebenkerne sind der Kern der Facies auricularis, der Kern des Symphysenendes des Pubicum, der Kern der Spina iliaca anterior inferior, der Kern der Crista iliaca, die Kerne der Tuberositas und Spina ischiadica, der Kern des Tuberculum pubicum und der Eminentia iliopectinea, der Kern oder die Kerne des Pfannengrundes, Fig. 322. (Schwegel.) Lilienthal, Dissertation, Königsberg 1909.

Das Schenkelbein verknöchert von der siebenten Woche an durch den alsbald stark anwachsenden Diaphysenkern. Kurze Zeit vor der Geburt erhält die distale Epiphyse einen Kern, welcher zu

den Zeichen der Fruchtreife gehört und forensisch verwertet wird. Bald nach der Geburt erscheint der Kern des Kopfes. Später erhalten Trochanter major und minor ihren Kern. Besondere Epikondylenkerne treten im vierten bis achten Jahr auf (Schwegel). Fig. 323.

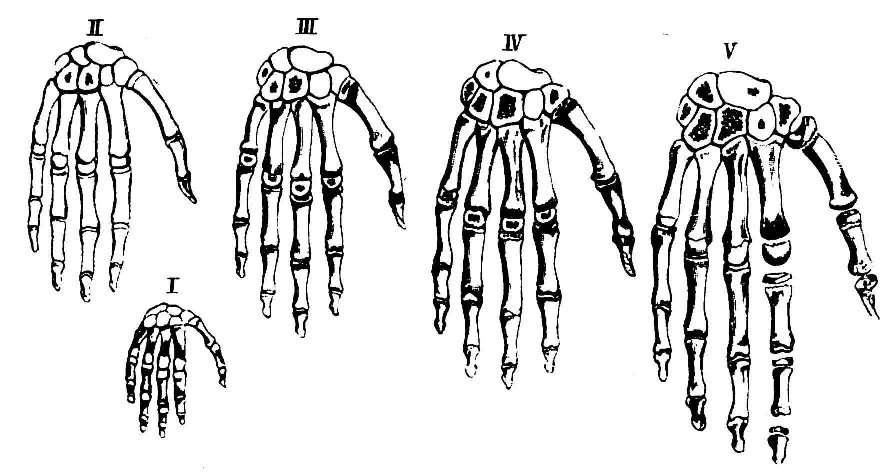


Fig. 321.

Verknöckerung des Handskelets. *I* das Verhältnis der Knorpel und Knochen **zur Zeit der Geburt.** Die Handwurzel ist vollständig knorpelig, an jedem Mittelhandknochen und Fingergliede ist bereits der Hauptknochenkern vorhanden; *II* Beschaffenheit der Knochen am **Ende des ersten Jahres.** Die Verknöcherung des Kopfbeines und Hakenbeines hat begonnen; *III* Beschaffenheit **im dritten Jahr.** Die Verknöcherung hat bereits Platz gegriffen im dreieckigen Beine, in der Basalepiphyse des ersten und der Köpfchenepiphyse der vier anderen Mittelhandknochen, sowie in den Basalepiphysen der ersten Phalangen; *IV* Hand **im fünften Jahr.** Die Verknöcherung hat sich nun auch auf das große vieleckige Bein und auf das Mondbein, sowie auf die Epiphysen sämtlicher Phalangen ausgedehnt; *V* **Hand im neunten Jahr.** Auch das Kahnbein und das kleine vieleckige Bein zeigen nun Verknöcherungspunkte. (S. auch Fig. 201.)

In der zweiten Hälfte des zehnten Entwicklungsmonates hat der Knochenkern der distalen Femur-Epiphyse die Gestalt einer flachen Linse von 4–5 mm Durchmesser und 1—1,5 mm Dicke. Bei Früchten vom neunten Monat ist ein Kern von der Größe eines Mohn- bis Hirsekorns nicht

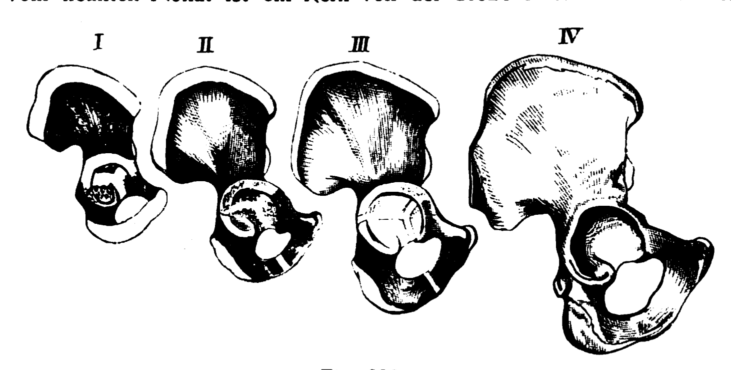


Fig. 322.

Verknöcherung des Hüftbeins.

I Beschaffenheit des Knochens **bei der Geburt.** Die Knochenbildung geht von je einem Kern in dem Darm-, Sitz- und Schambein aus; *II* Hüftbein eines **fünf- bis sechsjährigen Kindes.** Die Äste des Sitz- und Schambeines sind verknöchert, aber noch nicht miteinander vereinigt; *III* Knochen eines **neunjährigen Kindes** mit Vereinigung der Äste; *IV* Hüftbein einer etwa **zwanzigjährigen Person.** Auch in der Gelenkpfanne hat die Vereinigung Platz gegriffen, aber die Epiphysen am Darmbeinkamme, an dem unteren vorderen Darmbeinstachel, an dem Sitzknorren und an dem Schambeine sind noch nicht verschmolzen.

selten (A. Nobiling, 1899. N. macht auch auf die forensische Bedeutung der Kerne des Sternum aufmerksam).

Der Diaphysenkern des Schienbeines entsteht im Beginn des dritten Monates. Zur Zeit der Geburt sind beide Enden noch knorpelig, enthalten aber je einen proximalen und distalen

Epiphysenkern. So verhält sich auch das **Wadenbein**, doch verzögert sich das Auftreten seiner Epiphysenkerne um mehr als ein Jahr. Nebenkerne können in der Tuberositas tibiae und in den Malleolen vorkommen (Schwegel). Figg. 324 und 325. Die knorpelig angelegte Kniescheibe erhält ihren Kern im ersten bis dritten Jahr.

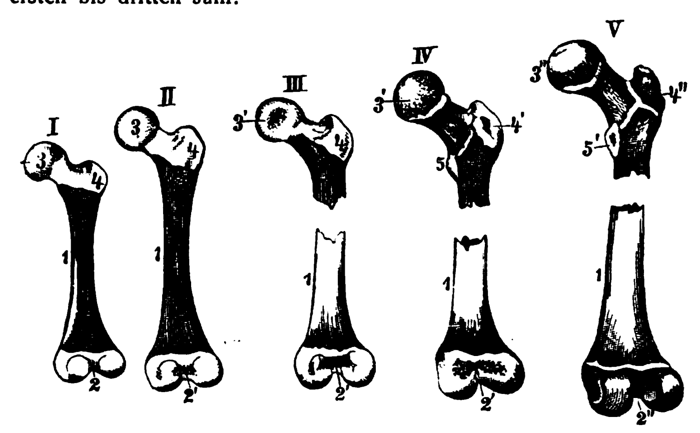


Fig. 323.

Verknöcherung des Oberschenkelbeins.

I Oberschenkelbein eines **Fetus von etwa acht Monaten.** Der Schaft ist knöchern, die beiden Enden sind knorpelig; *II* Oberschenkelbein eines **Neugeborenen** mit dem Knochenkern des distalen Endes; *III* Oberschenkelbein eines **einjährigen Kindes** mit dem Knochenkern des Kopfes; *IV* Oberschenkelbein vom **fünften oder sechsten Jahr.** Die Verknöcherung ist von dem Schaft in den Hals vorgedrungen, im großen Trochanter findet sich ein Knochenkern; *V* Oberschenkelbein aus der **Pubertätszeit** mit weiter vorgerückter Verknöcherung und einem Knochenkern im kleinen Rollhügel. 1 Schaft; 2 distales Gelenkende; 3 Kopf; 4 großer Rollhügel; 5 kleiner Rollhügel; 2', 3', 4', 5' die betreffenden Teile vom Beginn der Verknöcherung an.

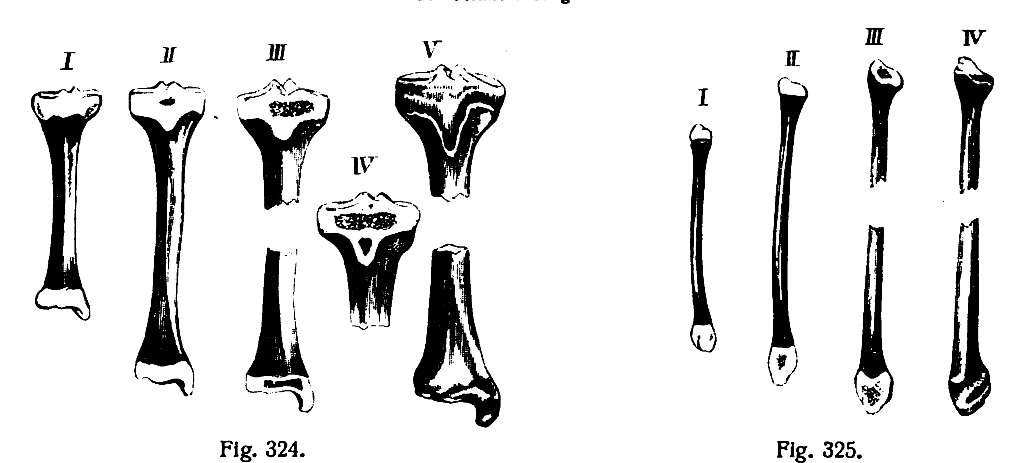


Fig. 324. Fig. 325.

Fig. 324. **Verknöcherung des Schienbeins.**

I Schienbein aus der Zeit **kurz vor der Geburt.** Der Schaft ist verknöchert, die Enden sind knorpelig; *II* Schienbein **eines Neugeborenen** mit dem Knochenkern in der proximalen Epiphyse; *III* Schienbein eines **dreijährigen Kindes** mit dem Knochenkern in der distalen Epiphyse; *IV* Beispiel eines **getrennten Kernes** für die Tuberositas tibiae; *V* Schienbein **eines achtzehn- bis zwanzigjährigen Individuum,** bei welchem die distale Epiphyse bereits vereinigt, die proximale dagegen noch getrennt ist.

Fig. 325. **Verknöcherung des Wadenbeins.**

I Wadenbein eines **Neugeborenen** mit verknöchertem Schaft und knorpeligen Epiphysen; *II* Wadenbein **eines zweijährigen Kindes** mit dem Kern der distalen Epiphyse; *III* Wadenbein eines etwa **vierjährigen Kindes** mit dem Kern der proximalen Epiphyse; *IV* Wadenbein einer etwa **zwanzigjährigen Person,** bei welchem die distale Epiphyse bereits vereinigt, die proximale noch getrennt ist.

Von den **Fußwurzelknochen** erhalten Calcaneus, Talus, manchmal auch das Cuboideum schon vor der Geburt einen Knochenkern, die übrigen später. Der Calcaneus erhält zwischen dem sechsten und zehnten Jahr den besonderen Kern des Tuber calcanei.



Die Knochen des Mittelfußes und der Zehen verhalten sich wie die entsprechenden der Hand, doch treten hier die Kerne später auf. Fig. 326.

f) Verknöcherungszeiten der Wirbel, Rippen, Extremitätenknochen.

Hasselwander hat die Ergebnisse eigner langjähriger Beschäftigung mit diesem Gegenstande und die Angaben aus der Literatur der letzten Jahrzehnte übersichtlich geordnet. Seine Tabellen sind auf S. 226—231 abgedruckt. Eine graphische Darstellung hat Corning gewählt in seinem soeben erschienenen Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen.

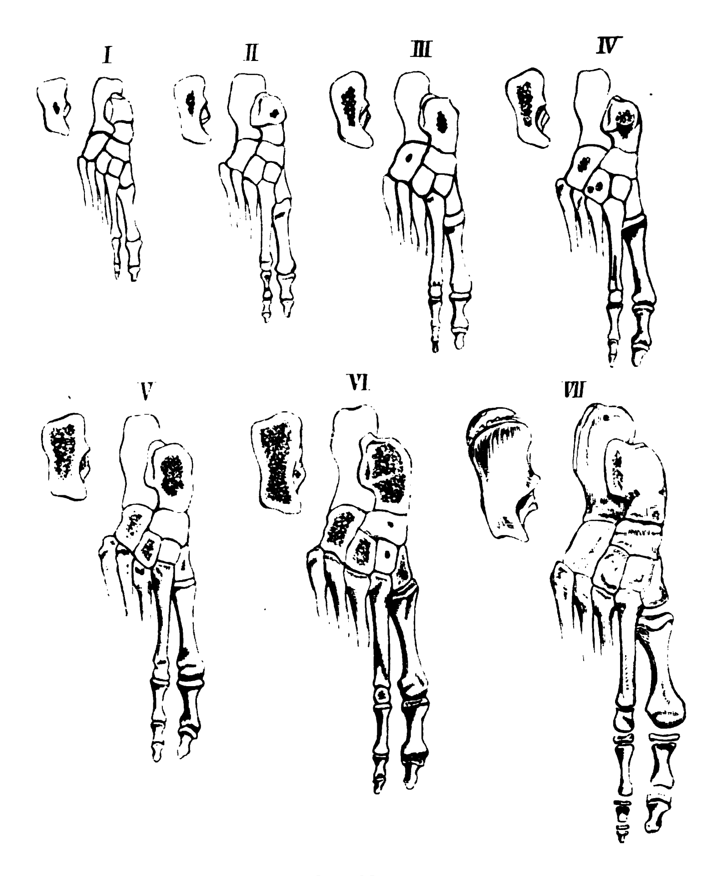


Fig. 326.

I rechtes Fußskelet eines **sechsmonatigen Fetus.** Die Mittelfußknochen und Zehenglieder sind von den ursprünglichen Kernen aus bereits in ihren Schäften verknöchert Die Fußwurzel ist mit Ausnahme des Fersenbeins, an welchem der Knochenkern gerade aufgetreten ist, noch vollständig knorpelig; *II* Fußskelet eines **sieben- bis achtmonatigen Fetus** mit Knochenkern im Sprungbein; *III* Fußskelet eines **Neugeborenen** mit Knochenkern im Würfelbein; *IV* Fußskelet eines **einjährigen Kindes,** bei welchem die Knochenbildung im dritten Keilbein beginnt; *V* **dreijähriges Kind.** Die Verknöcherung zeigt sich im ersten Keilbein; *VI* **drei bis vier Jahre altes Kind,** mit Verknöcherungskern im mittleren Keil- und im Kahnbein, sowie in den Epiphysen der Mittelfußknochen und der Zehenglieder; *VII* Fußskelet aus der **Pubertätszeit.** Die Verknöcherung der Fußwurzelknochen ist fast vollständig vollendet; am Fersenbein hat sich eine Epiphyse ausgebildet; die Epiphysen der Mittelfußknochen und Zehenglieder sind noch getrennt.

Hahn, Herm., Festschrift f. Kupffer. G. Fischer. Jena 1899. — Hasselwander, A., Zeitschr. Morph. Anthrop. 5. Bd. 1903. — Derselbe, Anat. Anz. 32. Bd. 1908. — Derselbe, Zeitschr. Morph. Anthrop. 12. Bd. 1910. — Derselbe, Ebenda. 18. Bd. 1914. — Lambertz, Entwickl. d. menschl. Knochengerüstes usw. Lukas Gräfe u. Sillem. Hamburg 1899. — Mall, F., P., Amer. Journ. Anat. Vol. 5. 1906. — Pryor, J., W., Bull of the State Univ. Lexington 1908. — Sappey, Ph., C., Traité d'anatomie descriptive. Paris 1888. — Stettiner, E., Arch. f. Kinderheilk. 68., 69. Bd. 1920/21. — Thilenius, G., Morph. Arb. 5. Bd. 1896. — Wilms u. Sick, Die Entwicklung der Knochen d. Extremitäten usw. Lukas Gräfe u. Sillem. Hamburg 1902.

Periode	Zeit	Arcus vertebrarum paarig	Corpus vertebrae, meist unpaar.	Atlas	Costae	Sternum	Os ilium	Os ischii
Fetalperiode	1. Monat							
	2. „	Cervicales (L.)			Costa VII. 8. W. dann bis I. u. XII. (L.)			
	3. „	Thoracales Lumbales	Thoracal. Lumbal (L.)				1. Perichondr. Ossif. an d. Inc. isch. mj. 2. enchond. dorsale 3. enchond. ventrale Ossifikation (4. Mon.) (L.)	
	4. „	Sacrales	Sacral 1–5			Manubrium und accessorisch. Centren (oberstes Segment des Corpus unpaarig)		Os ischii (105 T. M.)
	5. „		Dens Epistr.		ev. Cervic. VII			
	6. „				Proc. costarii I. Lumb. W.			
	7. „				Massae lat. Sacri. Tb. ant. proc. transv. Cervicalwrb. VII.			
	8. „							
	9. „		ev. Sacr. 4. 5.		VI. V.			
	10. „				IV—II.	2. u. 3. Segm. paarig		
I. Periode stürmischen Wachstums (Weissenberg)	1. Jahr	Verschmelz. d. paar. Arcus v. Lumbalteil ausgehend	Os cocc. I.	Arcus ant. paarig oder unpaarig (L.)	Massae lat. Vert. Sacr. IV.	4. Segment paarig		
	2. „		Apex. dent. Epistr.					
	3. „							
	4. „	Synostose v. Arcus u. Corp. vert. beginnt im Thoracalteil auch im Sacrum u. Epistroph.	(merged with previous column)	Arc. post. verschmelzen ev. Proc. spinos.				
	5. „	Os cocc. II.						
	6. „			Arc. ant. u. post. verschmelzen (— 9 J.)		Synostose d. paar. Centr. Proc. xiph.		
Periode ruhigeren Wachstums, beim Weib bis zum 10., beim Mann bis zum 12. Jahr (W.)	7. „							Synostose d. Os ischii und pubis
	8. „				Epiphysis Capituli et Tuberculi			
	9. „							
	10. „	Os cocc. III. (10.—15.) „vor der Pubertät“						
	11. „							
II. Periode stärkeren Wachstums sexuell verschieden	12. „		Apex u. dens Epistr. verschmelzen			Synostose (12.—25. J.		
	13. „							
	14. „							
	15. „		Epiphysen der Kőrper		Verschmelz. d. Epiphysis Capituli, Tuberculi (zur Pubertätszeit)			
	16. „	Os cocc. IV. „nach der Pubertät“	Vernarbg. d. Sacralwirb. (16—22 L.)				„Nach der Pubertät“ Epiphyse d. Crista, spinae ant. inf.	Epiphyse des Tuber, der Spina dann deren Synostose Tuber 18—20 Spina 17—24
Periode des Abklingens der Wachstumsprozesse	17. „							
	18. „		Proc. mammill. – Epiphysen, deren Verschmelzung.		Epiphysen d. Massae later.		Synostose d. spina ant. inf.	
	19. „							
	20. „		Synostose d. V. Sacralwirbels zuletzt des I. Sacralwirbels (— 25. J.)				dann der Crista (20.—25. J.)	
	21. „				Synostose dieser Epiph.			
	22. „							
	23. „							
	24. „							
	25. „							

Anmerkung: Autorenangaben: L = Lambertz. M = Mall. S = Sappey.

Periode	Alter	Os pubis	Os acetabuli	Femur	Patella	Tibia	Fibula	Calcaneus
Fetalperiode	1. Monat							
	2. „			Diaphyse (42 Tage M.)		Diaphyse (44 Tage M.)	Diaphyse (55 Tage M.)	
	3. „							
	4. „							periost. Kern (H.)
	5. „	Os pubis 5.—7. Mon. (L.)						enchondr. Kern (H.)
	6. „							
	7. „							
	8. „							
	9. „			distale Epiphyse				
	10. „							
I. Periode stürmischen Wachstums (Weissenberg)	1. Jahr			Epiphyse a. Caput		prox. Epiph. (Hn.)		
	2. „				Ossif. in der Patella	distale Epiphyse (Hn.)	distale Epiphyse (Hn.)	
	3. „			Epiphyse a. Troch. maj. (3.—4. J.)				
	4. „						prox. Epiph. (3.—5.J.)(Hn.)	
	5. „							
	6. „							
Periode ruhigeren Wachstums, beim Weib bis zum 10., beim Mann bis zum 12. Jahr (W.)	7. „	Synostose des Os pubis und ischii						
	8. „							Apophyse (8. J. ♀ H.)
	9. „		Ossif. Kern zwischen Os il. u. pub. (5.—12. J.)					
	10. „							Apophyse (10.—11. J. ♂ (H.)
	11. „			Epiphyse a. Troch. min. (S. 8 J.)				
II. Periode stärkeren Wachstums sexuell verschieden	12. „							
	13. „					Tuberos. tibiae (Hn.)		
	14. „							
	15. „							
	16. „		Pubertät Epiph. am Acetabulum		Pubertät definit. Form	Synostose der dist. Epiph. 15.—19. J. [15.–19. J.]		Synostose ♀ H.
Periode des Abklingens der Wachstumsprozesse	17. „			Synostose a. Troch. min.				
	18. „	Epiphysen a. d. Symphyse		Troch. maj. Prox. Ep. synostos. [18.–20. J.]				
	19. „							
	20. „	deren Synostose					distale Ep. synostos. 20.—22. J.	Synostose ♂ H.
	21. „			Distale Epiph. synostos. [20.–23. J.]		proximale Epiphyse synostosiert (Hn.) [20.–24. J.]		
	22. „						prox. Ep. synostos. 22.—24. J. (Hn.)	
	23. „							
	24. „							
	25. „							

Hn = Hahn. H = Hasselwander. Ws = Wilms. Pr = Pryor. Th = Thilenius.

Periode	Zeit	Talus	Naviculare	Tarsalia distalia	Metatarsalia	Phalanx I.	Phalanx II.	Phalanx III.
Fetalperiode	1. Monat							
	2. „							
	3. „				Diaphysen (9.—10. W.)	Diaphysen 3.—4. Mon.		Diaphysen 9.—11. W.
	4. „							
	5. „							
	6. „						Diaphysen konstant 2.—4. Zehe oft bis nach der Geburt verzögert. 5. Zehe oft bis zum 3. Jahr verzögert	
	7. „	enchondraler Kern ev. 2 Kerne						Diaphyse der 5. Zehe oft bis 2 J. verzögert
	8. „							
	9. „							
	10. „			Cuboides, ev. 2 Kerne				
I. Periode stürmischen Wachstums (Weissenberg)	1. Jahr			Cuneif III.				
	2. „							
	3. „		1—2 enchondrale Kerne	Cun. I. u. II. in 1 ev. 2 Kerne		Epiphysen	Epiphysen, fehlt an 5.	
	4. „							
	5. „				Epiphysen			
	6. „							
Periode ruhigeren Wachstums, beim Weib bis zum 10., beim Mann bis zum 12. Jahr (W.)	7. „							
	8. „							
	9. „							
	10. „							
	11. „							
II. Periode stärkeren Wachstums sexuell verschieden	12. „							
	13. „							
	14. „							Synostose ♀ 13.—16.
	15. „						Synostose ♀ 14.—17.	
	16. „					Synostose ♀ 15.—18. J.		
Periode des Abklingens der Wachstumsprozesse	17. „				Synostose ♀ 15.—20. J.			♂ Synostose 16.—18. (H.)
	18. „						Synostose ♂ 16.—20. (H.)	
	19. „					Synostose ♂ 17.—22. J große Individuen früher (H.)		
	20. „				Synostose ♂ 18.—22. J. große Individuen früher (H.)			
	21. „							
	22. „							
	23. „							
	24. „							
	25. „							

Anmerkung: Autorenangaben: L = Lambertz. M = Mall. S = Sappey.

Periode	Alter	Sesambeine	Accessoria	Clavicula	Scapula	Humerus	Radius	Ulna
Fetalperiode	1. Monat							
	2. „			2 Centren 6 Woch. (M.)	Scapula 8. Woche (M.)	Diaphyse 6—7 W. (M.)	Diaphyse 7 W.	Diaphyse 7. W.
	3. „							
	4. „							
	5. „							
	6. „							
	7. „							
	8. „							
	9. „							
	10. „							
I. Periode stürmischen Wachstums (Weissenberg)	1. Jahr				Proc. corac.	Caput-Epiphyse	Distale Ep. ♀ 8 Mon.	
	2. „						Distale Ep. ♂ 15 M. (Pr.)	
	3. „					Epiph. am Tub. maj. u. Emin. capit.		
	4. „					Epiph. am Tub. min.		
	5. „							
	6. „					Epiph. am Epicond. med.	Prox. Ep.	Distale Ep. ♀
Periode ruhigeren Wachstums, beim Weib bis zum 10., beim Mann bis zum 12. Jahr (W.)	7. „							
	8. „							Distale Ep. ♂ (Pr.)
	9. „							proxim. Ep. (Ws.)
	10. „				„Subcoracoideum“			
	11. „	Sesamb. ♀ 9.—12.	Os trigon., auch als Epiphyse des Talus, Tibiale ext. auch als Epiphyse des Naviculare, Os sustentaculi, auch als Epiphyse. Os Vesalian. als Epiph. 9.—16. ♀ Os Vesalian. 14.—21. ♂ (H.)				Epiph. a. d. Tuberos. rad. u. a. Proc. styl.	
II. Periode stärkeren Wachstums sexuell verschieden	12. „					Ep. margo lat. trochl.		
	13. „					Epiph. am Epicond. lat.		
	14. „	Sesamb. ♂ 12.—15.						
	15. „							
	16. „				2—3 Ep. i. Acrom, in ob. Teil d. proc. cor., i. Ang. inf. z. Pubertät Synostose d. Proc. cor.	Capit. u. Epic. lat. u. Trochlea synostos.		
Periode des Abklingens der Wachstumsprozesse	17. „							Proxim. Ep. synostos.
	18. „					Epicond. med. synost.	Proximale Epiphyse synostos.	
	19. „			Sternale Epiphyse	Epiph. d. Margo vert. Synost. d. Acrom 20 J. (Ws.)			
	20. „							Distal. Ep. synostos. ♀ (S.)
	21. „				Synostose d. übrig Epiph.		Distale Ep. synost. ♀ 21	
	22. „			Synostose		Tuberc. maj. u. min. synostos. mit dem Corpus (Ws.)	Distale Epiphyse synostos. ♂ 21.—22.	Distal. Ep. synostos. ♂ (S.)
	23. „							
	24. „							
	25. „							

Hn = Hahn. H = Hasselwander. Ws = Wilms. Pr = Pryor. Th = Thilenius.

		Pisiforme	Metacarpalia	Phalanx I.	Phalanx II.	Phalanx III.	Sesambeine
Fetalperiode	1. Monat						
	2. „					Diaphysen 7.—8. W. (M.)	
	3. „		Diaphysen 9. W. (M.)	Diaphysen 9. W. (M.)	Diaphysen 11.—12. W. (M.)		
	4. „						
	5. „						
	6. „						
	7. „						
	8. „						
	9. „						
	10. „						
I. Periode stürmischen Wachstums (Weissenberg)	1. Jahr						
	2. „		Distale Ep. d. II.—V. Met.	Proximale Epiphyse (Pr.)	Proximale Epiphyse	Proximale Epiphyse	
	3. „		Prox. Ep. d. I. Met.				
	4. „		Ev. dist. Ep. des I. Met.				
	5. „						
	6. „		Ev. prox. Ep. des II. Met.				
Periode ruhigeren Wachstums, beim Weib bis zum 10., beim Mann bis zum 12. Jahr (W.)	7. „		Ev. prox. Ep. des V. Met.				
	8. „						
	9. „	ev. 2 Centr. 9.—10. J. ♀					
	10. „						
	11. „						
II. Periode stärkeren Wachstums sexuell verschieden	12 „	ev. 2 Centr. 12.—13. J. (Pr.)					
	13. „						13.—14. J. ev. später (Th.)
	14. „						
	15. „						
	16. „						
Periode des Abklingens der Wachstumsprozesse	17. „		Synostosierung der Epiphysen				
	18. „					Synostos. d. Epiphysen	
	19. „			Synostos. der Epiphysen	Synostos. der Epiphysen		
	20. „						
	21. „						
	22. „						
	23. „						
	24. „						
	25. „						

Anmerkung: Autorenangaben: L = Lambertz. M = Mall. S = Sappey. Hn = Hahn. H = Hasselwander. Ws = Wilms. Pr = Pryor. Th = Thilenius.

		Capitatum	Hamatum	Triquetrum	Naviculare	Lunatum	Multang. majus	Multang. minus
I. Periode stürmischen Wachstums (Weissenberg)	1. Jahr	3.—6. Mo. ♀ 4.—10. Mo. ♂ (Pr.)	5.—10 M. ♀ 6—12. M. ♂ (Pr.)					
	2. „			2.—3. J. ♀ 3. J. ♂ (Pr.)				
	3. „					ev. 2 Centren 3.—4. J. ♀ 4. J. ♂		
	4. „				ev. 2 Centr. Beginn des 5. J. ♀ 5. J. ♂ (Pr.)		4.—5. J. ♀	4.—5. J. ♀
	5. „						5.—6. J. ♂ (Pr.)	5.—6. J. ♂ (Pr.)
	6. „							

Anmerkung: Autorenangaben: L = Lambertz, M = Mall. S = Sappey. Hn = Hahn. H = Hasselwander. Ws = Wilms. Pr = Pryor. Th = Thilenius.

Bänderlehre, Syndesmologia.

A. Allgemeine Syndesmologie.

Die Knochen werden im Organismus durch verschiedene Mittel im Zusammenhang gehalten, in erster Linie durch:

1. Bindesubstanzen,
2. Muskeln.

Daneben wirken, wenn auch in viel geringerem Maße:

3. der Luftdruck,
4. die Adhäsion,
5. die äußeren Bedeckungen.

Die äußeren Bedeckungen durch Fascien und Haut kommen im Vergleich zu allen anderen nur in äußerst geringem Maße in Betracht.

Die Adhäsion ist verhältnismäßig gering. Die Hüftgelenkpfanne z. B. ist nur imstande, 35 g zu tragen.

Der Luftdruck hält die Gelenkenden der Knochen zusammen mit einer Kraft, welche gleich ist dem Produkte aus dem Flächeninhalt der kleineren Gelenkfläche und dem Luftdruck. (Letzterer beträgt 1 kg für 1 qcm.)

Bei dem Hüftgelenk beträgt die Kraft ungefähr 10—15 kg, beim Handgelenk etwa 5 kg.

Der Muskelzug wirkt mit großer Kraft auf den Zusammenhalt der Gelenke, denn die Muskelkraft beträgt etwa 10 kg für 1 qcm des Muskelquerschnittes. So schätzt Fischer (R. Fick, Bd. II, S. 44) den die Gelenkenden des Ellenbogengelenkes zusammenpressenden Druck der Muskeln beim Erheben von $^1/_2$ Zentner auf mehrere Zentner, Hultkrantz schätzt ihn bei Belastung der Hand mit 2 kg auf 20—21 kg.

Die Verbindung der Knochen durch Muskeln wird uns bei der Betrachtung des Muskelsystems beschäftigen.

Die Vereinigung durch Bindesubstanzen tritt bei den Juncturae ossium in zwei Formen auf:

I. als Synarthrosis, d. i. Vereinigung in der Kontinuität. Sie ist die ursprüngliche Form der Knochenvereinigung.

II. als Diarthrosis, Vereinigung in der Kontiguität, durch Spaltbildung zwischen den Skeletstücken.

I. Synarthrosen, Fugen.

In den Synarthrosen ist die Beweglichkeit der vereinigten Knochen in der Regel gering.

Die Anatomie und Mechanik der Gelenke hat durch R. Fick eine umfassende und eingehende Darstellung gefunden. In drei Bänden sind die reichen Ergebnisse einer fast über 20 Jahre sich erstreckenden Beobachtung und Arbeit in klarer, leichtverständlicher Darstellung niedergelegt. R. Fick, Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. I. Teil. Anatomie der Gelenke. Jena 1904. II. Teil. Allgemeine Gelenk- und Muskelmechanik. Jena 1910. III. Teil. Spezielle Gelenk- und Muskelmechanik. Jena 1911. — Auch von Strasser, Lehrbuch der Muskel- und Gelenkmechanik, 4 Bde., Berlin 1908—1917, liegt eine zusammenfassende Darstellung vor. — H. Petersen, Bänderkinematik, Versuch einer Theorie der Bandverbände, Abh. Heidelb. Akad. Wiss. 1918, entwickelt deduktiv die Prinzipien der Bandverbände, um mit diesen Prinzipien einem Verständnis des Bandteiles der tierischen Bewegungsapparate näher zu kommen.

Die Art der bei der Synarthrosis verwendeten Bindesubstanz ist verschieden. Darnach unterscheidet man:

1. Synostosis, Knochenhaft, Vereinigung durch Knochengewebe, z. B. die Verbindung der Kreuzbeinwirbel des Erwachsenen zum Os sacrum, die Vereinigung der Teile des Schläfenbeins, des Stirnbeins, des Hinterhauptbeins mit dem Keilbein usw.

2. Synchondrosis (und Symphysis), Knorpelhaft, Vereinigung durch Knorpelgewebe (hyaliner und Faserknorpel), z. B. Synchondrosis sphenooccipitalis.

Die Unterscheidung der Symphysen, d. h. der Fugen, bei welchen die verbindende Substanz aus Faserknorpel besteht, von den eigentlichen Synchondrosen,

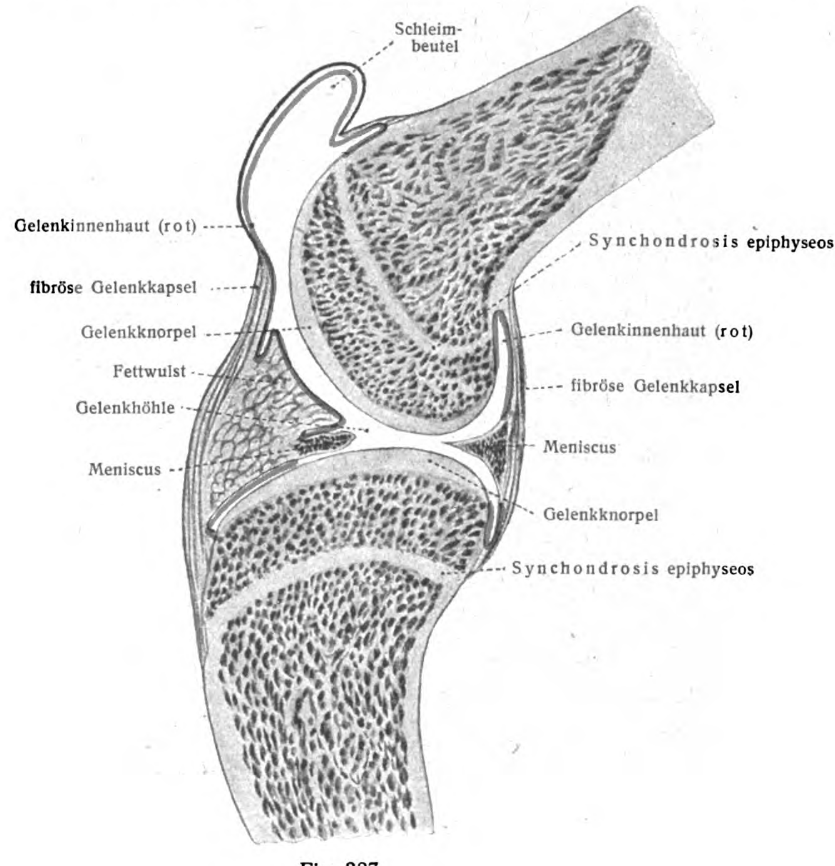


Fig. 327.
Schema eines Gelenkes.

welche mit hyalinem Knorpel ausgestattet sein sollen, ist nach Fick nicht gerechtfertigt, weil, abgesehen von der Knorpelhaft zwischen Sternum und erster Rippe, niemals hyaliner Knorpel allein vorkommt, sondern stets mit Faserknorpel zusammen.

3. Syndesmosis, Bandhaft, Vereinigung durch kollagenes oder elastisches Gewebe.

a) Syndesmosis fibrosa, straffe Bandhaft, Verbindung durch collagenes, straffes Bindegewebe, z. B. Lig. interclaviculare, stylohyoideum u. a.

b) Syndesmosis elastica (Fick) = (Raubers Synelastosis), elastische Bandhaft, Verbindung durch elastisches Gewebe, z. B. Ligg. flava der Wirbelsäule.

c) Sutura, Naht. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß zwei nahe Knochenränder durch schmale Bindegewebsplatten miteinander in Verbindung gesetzt werden. Nach der Form der gegenüberstehenden Knochenränder unterscheidet man im besonderen:

α) Sutura serrata, Zackennaht, wie sie vorhanden ist zwischen den meisten Schädelknochen. Sie wird bedingt durch die Gegenwart von Zacken und Vertiefungen verschiedener Form, welche in entsprechende Bildungen des gegenüberliegenden Knochens eingreifen.

β) Sutura squamosa, Schuppennaht. Sie wird bedingt durch schuppenförmige Übereinanderlagerung zugeschärfter Knochenränder, z. B. die Verbindung der Squama temporalis mit dem Scheitelbein.

γ) Harmonia, Harmonie, entsteht durch Aneinanderlagerung ungezackter Knochenränder, z. B. Naht zwischen Tränenbein und Papierplatte des Siebbeins.

δ) Gomphosis, Einzapfung (γόμφος Nagel), ist z. B. die Art der Befestigung der Zahnwurzeln in den Alveolen.

II. Diarthrosen, Gelenke.

1. Allgemeines.

Die Diarthrosen, Gelenke im engeren Sinne, sind die beweglichen Knochenverbindungen; in ihnen sind die der Bewegung entgegenstehenden Widerstände auf ein sehr geringes Maß gebracht.

An jedem Gelenk sind zu unterscheiden (s. das Schema Fig. 327):

1. Die artikulierenden Flächen (meist von hyalinem Knorpel überzogen).
2. Die Gelenkkapsel, Capsula articularis (bestehend aus der inneren Synovial- oder Gelenkinnenhaut und der äußeren fibrösen Haut).
3. Die Gelenkhöhle, Cavum articulare (erfüllt von Gelenkschmiere, Synovia).
4. Besondere Einrichtungen (Verstärkungsbänder, Zwischenscheiben, Gelenklippen, Schleimbeutel).

1. Die Bedeckung der Gelenkenden wird meist durch hyalinen Knorpel, Cartilago articularis, gebildet (Ausnahmen: Sternoclavicular-, Kiefergelenk u. a., deren Gelenkflächen zum Teil von Faserknorpel bedeckt sind). Er sitzt mit rauher Fläche dem Knochen auf, zeigt viele Schichten von Knorpelzellen, deren Richtung an die Lagerung der Zellen in geschichteten Plattenepithelien erinnert; d. h. in den tieferen Lagen stehen die Knorpelzellen in senkrechten Reihen, in den oberflächlichen sind sie abgeplattet. Die Oberfläche ist bei Betrachtung mit bloßem Auge glatt, spiegelnd, glänzend; doch zeigt die mikroskopische Untersuchung zahlreiche Zeichen von Abnutzung (Hammar). Die hyaline Knorpellage erreicht nicht unmittelbar den Knochen, sondern es schiebt sich eine Lage verkalkten Knorpels zwischen beide ein.

Die Dicke der Knorpelschicht ist verschieden. Sie ist ungleich innerhalb desselben Gelenkes und ist verschieden bei den einzelnen Gelenken des Körpers. Nach Werner ist die dickste Knorpelschicht (6 mm) an der sagittalen Leiste der Kniescheibe vorhanden, die geringste Stärke beträgt 0,2 mm; Dicken von 0,2—0,5 mm kommen durchschnittlich vor.



Der Gelenkknorpel ist, wie Braune und Fischer nachgewiesen haben, in hohem Maße deformierbar, so daß sich die eigentlich benützten Flächen (z. B. im Kniegelenk) erst während der Bewegung selbst bilden.

Über die Richtung, Spannung und Spaltrichtung des Knorpels hat Hultkrantz interessante Versuche angestellt. Er sticht mit einem drehrunden spitzen Instrument Löcher in die Knorpeloberfläche und beobachtet die Richtung, in welcher sich die runden Löcher verziehen. Die Richtung der Spalten erlaubt einen Schluß auf die Faserrichtung und die Spannungen im Knorpel (s. Figg. 328—330).

2. Die Gelenkkapsel, Capsula articularis. Die regelmäßige Verbindung beider Knochen wird bewerkstelligt durch eine die beiden Gelenkenden gemeinsam umhüllende, sackartige, entweder straffgespannte oder schlaffe Membran, die Gelenkkapsel. Sie geht entweder einfach vom Rande der einen Gelenkfläche aus und setzt sich am Rande der anderen Gelenkfläche fest, oder sie überkleidet zuerst einen gewissen Teil des Knochens hinter dem Rande des Gelenkknorpels und wendet sich dann zurück, um zum zweiten Knochen zu ziehen und mit ihm auf die eine oder andere Art in Verbindung zu treten. Immer geschieht diese Verbindung unter Vermittlung des Periostes, dem sie sich lockerer oder fester

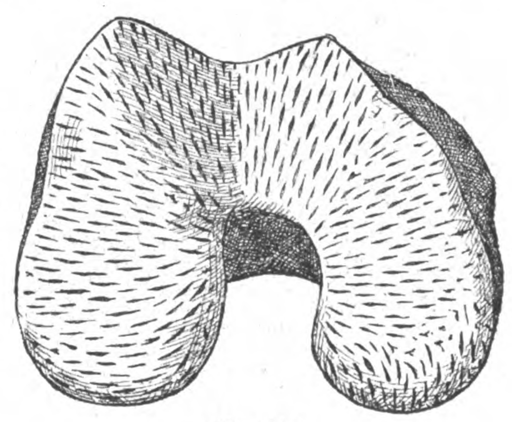


Fig. 328.

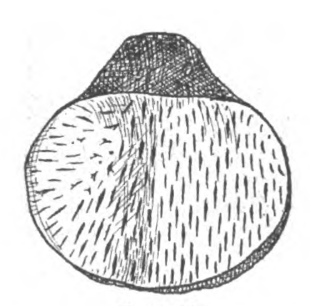


Fig. 329.

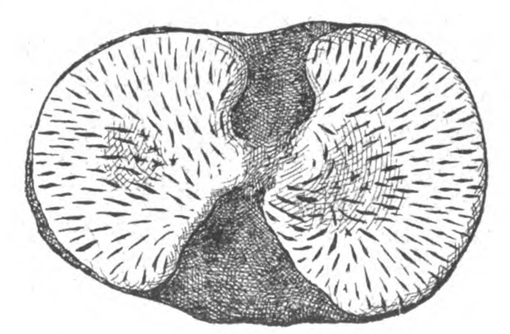


Fig. 330.

Figg. 328—330. **Spaltrichtungen in den Knorpeln des Kniegelenkes.** (W. Hultkrantz, 1898.)

anfügt, um endlich mit ihm zu verschmelzen und am Rande des Gelenkknorpels frei auszulaufen. Man unterscheidet an der Gelenkkapsel eine innere Schicht, die Gelenkinnenhaut (Fick) oder Synovialhaut, Stratum synoviale, und die äußere fibröse Schicht, Stratum fibrosum.

Die Gelenkinnenhaut besteht aus einer mit elastischen Fasern untermischten Bindegewebslage, in welcher Gefäße und Nerven vorhanden sind. In den Maschen der Faserlage kommen vereinzelte Fettzellen, selten Knorpelzellen vor. Drüsen fehlen. Um so reicher sind die in das Lumen vorspringenden Fortsätze entwickelt, deren mehrere Arten zu unterscheiden sind.

a) Plicae adiposae, Fettwülste, von ansehnlicher Ausdehnung; besonders große sind im Kniegelenk und Hüftgelenk vorhanden.
b) Plicae synoviales, Gelenkhautfalten, Synovialfalten, sind gefäßhaltige Fortsätze. Sie sind als Vorsprünge und Falten von überraschendem Gefäßreichtum in den meisten Gelenken vorhanden. Fig. 332.
c) Villi synoviales, Synovialzotten; als Vorsprünge kleinerer Art, mit wenigen Gefäßen oder ohne solche, in großen Massen und in den seltsamsten Formen vorkommend, besonders am Ursprung und Ansatz der Gelenkkapsel und an den freien Rändern der größeren Vorsprünge. Auch in den Zotten können einzelne Fett- und Knorpelzellen gefunden werden. Fig. 333.

Die Oberfläche der Synovialhaut ist nach neueren Untersuchungen (Hammar, Braune) nicht von Endothel bedeckt, wie man früher annahm, sondern das Bindegewebe begrenzt frei die Gelenkhöhle. Fig. 331.

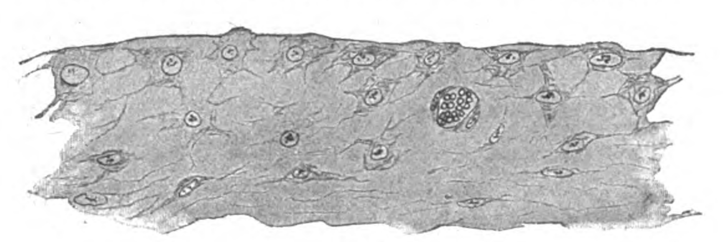


Fig. 331.



Fig. 332.



Fig. 333.

Fig. 331. **Gelenkinnenhaut**, Synovialhaut, senkrecht durchschnitten (nach Fick).
Fig. 332. **Gelenkhautfalte**, Synovialfalte, Durchschnitt (nach Fick).
Fig. 333. **Größere Gelenkhautzotte**, Synovialzotte (nach Fick).

Die fibröse Gelenkkapsel ist an den verschiedenen Gelenken und an verschiedenen Stellen desselben Gelenkes ungleich dick. Sie besteht aus Bündeln von straffem Bindegewebe, welche einander parallel und meist in der Längsrichtung verlaufen. Elastische Fasern sind meistens nur spärlich vorhanden. Zwischen benachbarten Bündeln befinden sich manchmal kleinere oder größere Lücken, aus denen die Gelenkinnenhaut hervortreten kann unter Bildung kleiner Aussackungen, welche vom Chirurgen Ganglien, vom Volk Überbeine genannt werden.

Die Befestigung der fibrösen Kapsel erfolgt in größerer oder geringerer Entfernung vom Knorpelrand der Gelenkflächen. (Dicht am Rand der Gelenkfläche, z. B. bei den Pfannen der Fingergelenke; in weiter Entfernung, z. B. am Hals des Oberschenkelbeins.) Die Anheftung findet oft statt in einer Rinne, „Kapselrinne" von Fick genannt (z. B. Collum anatomicum des Oberarmbeins, Sulci paraglenoidales am Hüftbein).

Blutgefäße sind sehr reichlich als Gelenknetze, Rete articulare, Nervenendigungen sind in Gestalt zahlreicher Vater-Pacinischer Körperchen vorhanden. Die wichtigen Beziehungen der benachbarten Muskeln und Sehnen als Verstärkung und Schutz der Gelenkkapseln sowie die eingelagerten Knochen, Sesambeine, werden in der speziellen Gelenk- und Muskellehre behandelt werden.

3. Die Gelenkhöhle, Cavum articulare, ist nur ein spaltförmiger, kapillarer Raum, da die Gelenkenden und der sonstige Inhalt des Gelenkes sowie die Kapsel dicht aneinander liegen; zwischen diesen Teilen findet sich nur eine geringe Menge von Gelenkschmiere.

Die Gelenkschmiere, Synovia, ist eine klare, fadenziehende, durch Essigsäure sich trübende, mucinhaltige Flüssigkeit, welche sehr häufig einzelne Zellen und Zellenreste, Fettkörnchen, aber auch abgeschnürte und abgerissene Zotten enthält. Hammar meint, daß die ganze Synovia nur aus verflüssigten Abnutzungsprodukten des Gelenkes besteht, doch sind, wie Fick richtig bemerkt, noch weitere Untersuchungen über die Art ihrer Entstehung notwendig.

4. Die Zahl der besonderen Einrichtungen an den Gelenken ist sehr groß.

a) Zunächst sind zu bemerken die Verstärkungen der fibrösen Kapsel durch fibröse Stränge und Platten, die sogenannten Verstärkungsbänder, Ligg. accessoria. (Haftbänder.) Sie liegen, je nach der Gelenkform, an besonderen Stellen, sichern entweder den Zusammenhang und die dem Gelenk zukommende Bewegung (Führungsbänder), oder sie treten als Apparate auf, welche eine Überbewegung hemmen und also die Ausgiebigkeit der Bewegung beschränken (Hemmungsbänder).

b) Bänder im Innern von Gelenken, Binnenbänder, Ligg. interarticularia, und Zwischenknochenbänder, Ligg. interossea, welche ihrer Funktion nach ebenfalls Haft-, Führungs- oder Hemmungsbänder sind.

c) Zwischenscheiben, Disci articulares und Menisci articulares, sind derbe fibröse Gebilde aus Bündeln kollagener Fasern oder Faserknorpel gebildet. Sie hängen mit der Gelenkkapsel zusammen, schieben sich zwischen die beiden Gelenkflächen ein und teilen entweder die Gelenkhöhle völlig in zwei gesonderte Räume, Disci articulares, oder reichen nur eine Strecke weit unter allmählicher Verdünnung in die Gelenkhöhle hinein, Menisci articulares. Letztere sind also auf dem Querschnitt keilförmig.

Die Bedeutung der Zwischenscheiben liegt zunächst darin, daß sie durch ihren Bau geeignet sind, als Puffer zu wirken, indem sie die Gewalt heftiger Stöße brechen; dann aber stellen sie eine Art verschiebbarer Gelenkfläche dar. Für die Praxis wichtig werden die Disci articulares dadurch, daß sie die Gelenkspalte in zwei meist völlig voneinander getrennte Räume teilen. Auf den Mechanismus des Gelenkes sind diese Einrichtungen nirgends von bestimmendem Einfluß.

d) Die Pfannenlippen, Labra glenoidalia, bestehen ebenfalls aus festem, fibrösem Bindegewebe mit eingestreuten Knorpelzellen. Sie bilden in Gestalt eines Ringwulstes die Fortsetzung der Gelenkpfanne (z. B. Schulter, Hüftgelenk); sie entspringen mit breiter Basis vom Rande des Knorpels und Knochens und schärfen sich allmählich zu.

e) Kommunizierende Schleimbeutel, Bursae mucosae, sind an einer Anzahl von Gelenken (Kniegelenk, Schultergelenk u. a.) vorhanden. Es sind größere oder kleinere dünnwandige Säcke mit glatter, von einer Fortsetzung der Gelenk-

innenhaut ausgekleideter, innerer Oberfläche, welche durch Synovia feucht und schlüpfrig erhalten wird. Sie dienen dazu, das Gleiten von Sehnen oder Muskeln zu erleichtern. Die Kenntnis ihrer Lage ist von hoher Bedeutung für die praktische Medizin, denn sie sind gewissermaßen schwache Stellen des Gelenkes, welche bei Flüssigkeitsvermehrung innerhalb der Gelenkhöhle am leichtesten dem Druck nachgeben können.

Hammar, J. A., Über den feineren Bau der Gelenke. Arch. mikr. Anat., Bd. XLIII, 1894.

2. Formen der Diarthrose.

Ein Schleifen der überknorpelten Gelenkenden aufeinander gestatten nur Flächen von regelmäßiger Form. Entweder sind die Endflächen kongruent oder inkongruent. In letzterem Falle schiebt sich in der Regel eine Synovialfalte oder ein Discus oder ein Meniscus in den Gelenkraum vor, wodurch die Inkongruenz beseitigt oder vermindert wird. Sehr oft sind die gegenüberliegenden Gelenkflächen von ungleicher Größe.

Die Gelenkflächen sind entweder Ebenen oder Oberflächenteile von Rotationskörpern oder sie stellen kompliziertere Flächen dar. Die ebene Gelenkfläche kann man, wenn man will, unter die Gruppe der Rotationskörper bringen, indem für ihr Zustandekommen ein unendlich großer Radius angenommen wird.

Oberflächen von Rotationskörpern sind Flächen, welche entstanden gedacht werden können durch Rotation einer geraden oder einer beliebigen Linie einfacher Krümmung um eine in derselben Ebene liegende Axe.

Ist die rotierende Linie gerade und der Axe parallel, so entsteht ein Zylinder; ist sie gerade und der Axe nicht parallel, so entsteht ein Kegel; ist sie ein Halbkreis und die Axe dessen Durchmesser, so geht daraus eine Kugel hervor; ist sie ein Kreisbogen, und liegt die Axe auf der konvexen Seite, so entsteht die sattelförmige Gelenkfläche; liegt die Axe auf der konkaven Seite, so entsteht ein Cykloid; ist sie eine Ellipse und die Drehaxe eine ihrer Axen, so entsteht ein Ellipsoid usw. (R. Fick, II. Teil).

Beim Embryo freilich entstehen die Gelenkflächen nicht auf diese Weise, sondern das weiche Zwischengewebe der aneinanderstoßenden knorpeligen oder in der Verknöcherung begriffenen Skeletstücke erfährt eine Spaltung in der Querrichtung der Skeletstücke; dies ist der Anfang der späteren Gelenkhöhle. Schon bevor die Spaltung eingetreten ist, zeigen die Knorpelenden die Urformen der späteren Gestalt, d. h. gewölbte, gehöhlte, ebene Flächen, wie es der spätere Charakter des Gelenkes verlangt. Interessant ist dabei die Wahrnehmung, daß jene Gelenkenden sich zu Pfannen umzugestalten pflegen, welche der Insertion der Muskelanlagen benachbart sind, zu Köpfen aber jene, welche von ihr entfernt sind (R. Fick, Abh. Akad. Wiss. Berlin 1921).

Die fertigen Gelenke kann man mit Hermann Meyer nach verschiedenen Grundsätzen gruppieren:

1. nach der Form:
   Hier sind zu unterscheiden: das ebene Gelenk, das kugelförmige Gelenk, das Eigelenk, das sattelförmige, das walzenförmige, schraubenförmige, kegelförmige, das gemischte Gelenk;
2. nach den Axen:
   Man unterscheidet ein-, zwei-, drei- und mehraxige Gelenke;
3. nach den Bewegungsformen:
   Es können in den Gelenken in verschiedener Weise peripherische, radiale und Rotationsbewegungen ausgeführt werden;
4. nach der Zahl der zusammentretenden Gelenkstücke:
   Es gibt in dieser Beziehung einfache und zusammengesetzte Gelenke;
5. nach der Kontinuität des benützten Rotationskörpers:
   In dieser Hinsicht sind kontinuierliche und diskontinuierliche (kombinierte) Gelenke zu unterscheiden;
6. nach der Verteilung der Leistung:
   Ungeteilte sind von geteilten Gelenken zu unterscheiden.

Von diesen Einteilungen kommen für die beschreibende Anatomie zwei in Betracht und zwar:

A. Unterscheidung nach der Zahl der zusammentretenden Gelenkstücke, als

a) Articulatio simplex, wenn nur zwei Stücke (Art. humeri, femoris usw.) zum Gelenk verbunden sind;

b) Articulatio composita, wenn mehr als zwei Stücke miteinander gelenkig verbunden sind (z. B. Articulatio cubiti, Art. radiocarpea, intercarpea u. a.).

Unabhängig von dieser Einteilung ist die zweite, welche die Gelenke nach der Form unterscheidet. Sie wird nach der größeren und geringeren Beweglichkeit in zwei Hauptgruppen, Arthrodien und Amphiarthrosen, geteilt, deren erstere wieder eine Anzahl von Untergruppen aufweist.

B. Unterscheidung nach der Form der zusammentretenden Gelenkstücke:

a) Arthrodiae, ausgiebig bewegliche Gelenke. (Artt. mobilitatis majoris R. Fick) Hier werden unterschieden:

1. Kugelgelenk, Articulatio sphaeroidea, mit kugelschalenähnlichen Gelenkflächen (z. B. Schultergelenk). Die positive Fläche, der Gelenkkopf, bewegt sich in der negativen, der Gelenkpfanne. Im Kugelgelenk ist die Bewegungsmöglichkeit außerordentlich groß.

2. Nußgelenk, Enarthrosis, ist ein Kugelgelenk, dessen artikulierende Fläche größer als eine Halbkugel ist (Hüftgelenk).

3. Scharniergelenk, Ginglymus. Das eine Gelenkstück ist eine zylindrische Walze, Trochlea, in welcher sich eine rinnenförmige Vertiefung, Führungsrinne, befindet; das andere Gelenkstück ist entsprechend ausgehöhlt und besitzt eine der Führungsrinne entsprechende Führungsleiste; beide zusammen bestimmen den Gang der Bewegung in der Führungslinie. Die Bewegung ist nur um eine Axe möglich, welche der Axe der Trochlea entspricht (z. B. Artt. interphalangeae u. a.).

3a. Schraubengelenk, Articulatio cochlearis, ist ein Scharniergelenk, bei welchem die Richtung der Führungslinie nicht senkrecht zur Bewegungsaxe, sondern in einem Winkel dazu steht, so daß bei ihrer Fortführung eine Spirallinie (Schraube) entstehen würde (z. B. Articulatio humeroulnaris).

4. Ellipsoidgelenk, Articulatio ellipsoidea. Die Gelenkflächen sind im allgemeinen ellipsoidisch. Die Bewegungsmöglichkeiten in diesem Gelenk sind sehr groß (z. B. Art. radiocarpea).

5. Radgelenk, Articulatio trochoidea. Der Gelenkkopf hat die Gestalt einer Scheibe, deren Peripherie in einer entsprechend ausgehöhlten Pfanne schleift (z. B. Art. radioulnaris proximalis und distalis).

6. Sattelgelenk, Articulatio sellaris. Die eine Gelenkfläche ist sattelförmig in einer Richtung konkav, in der dazu senkrechten konvex. Die andere Gelenkfläche ist ebenfalls sattelförmig, jedoch so, daß die Konkavitäten den Konvexitäten entsprechen.

b) Das straffe Gelenk, Amphiarthrosis (Artt. mobilitatis minimae R. Fick), besitzt geringe Beweglichkeit dadurch, daß die beiden mehr oder weniger einander entsprechenden Gelenkflächen durch eine straffe, feste Kapsel und starke Bänder an ausgiebigen Bewegungen gehindert werden.

B. Spezielle Syndesmologie.

I. Bänder der Wirbelsäule. Ligamenta columnae vertebralis.

1. Bänder zwischen den einzelnen Wirbeln.

1. Fibrocartilagines intervertebrales, Zwischenwirbelscheiben (beim Erwachsenen in einer Anzahl von 23 Stück). Figg. 337—341, 349.

Sie verbinden die Körper je zweier Wirbel, vom zweiten Halswirbel bis zum Kreuzbein hinab, und bestehen:

1. aus zwei den Endflächen der Wirbelkörper aufliegenden Knorpellagen;
2. aus äußeren, ringförmigen Schichten von Faserknorpel und Bindegewebe, Anulus fibrosus, Faserring genannt;
3. aus einem mittleren weichen Kern, Nucleus pulposus, Gallertkern, welcher aus Faserknorpel und gewucherten Resten der Chorda dorsalis besteht. Figg. 337, 338.

Die genannten Teile sind aber nicht scharf voneinander geschieden, sondern gehen ganz allmählich ineinander über.

Das Kreuzbein besitzt anfänglich Bandscheiben von der Beschaffenheit der übrigen; sie erfahren aber eine völlige Rückbildung mit der Synostosierung der einzelnen Wirbel, welche zeitlich von den letzten zum ersten vorschreitet.

Zwischen dem Kreuz- und Steißbein und den einzelnen Wirbeln des letzteren, soweit sie nicht synostosiert sind, finden sich ebenfalls Zwischenwirbelscheiben vor, welche jedoch des Gallertkernes entbehren. Die Verbindung zwischen Kreuzbein und erstem Steißbeinwirbel heißt Symphysis sacrococcygea.

An den Halswirbelkörpern kommen im Gebiet der Eminentiae costariae kleine laterale Gelenke vor, Zwischenwirbelkörper-Gelenke (Luschka). Fig. 353.

Form und Größe. Die Form entspricht vollkommen den Wirbelkörpern, sie ist bohnenförmig im Hals- und Lendenteil, herzförmig im Brustteil. In der Hals- und Lendengegend sind die Bandscheiben vorn beträchtlich höher als hinten; besonders groß ist dieser Unterschied an der lumbo-sakralen Bandscheibe. In der Mitte der Brustwirbelsäule sind die Bandscheiben am niedrigsten, im Lendenteil am höchsten. Die Dicke aller Bandscheiben beträgt über ein Viertel der gesamten Länge der beweglichen Wirbelsäule.

Art und Wirkung der Verbindung. Die Verbindung zweier Wirbelkörper durch die Zwischenbandscheibe ist eine Synchondrose. Die Bandscheiben befestigen die Wirbelkörper fest aneinander, erlauben aber eine gewisse Beweglichkeit und wirken als Polster.

2. Ligamenta flava, Zwischenbogenbänder (beim Erwachsenen 23). Figg. 336, 337.

Sie erstrecken sich von einem Wirbelbogen zum anderen, vom zweiten Halswirbel abwärts, und bestehen fast vollständig aus elastischem Gewebe, welches ihnen eine gelbliche Farbe verleiht. Sie schließen im Verein mit den Capsulae articulares den Wirbelkanal bis auf die Foramina intervertebralia vollständig ab. Ihr mittlerer Teil ist am dicksten, mit ihren lateralen Rändern reichen sie in der Halswirbelsäule bis zu den Gelenkfortsätzen. In der Brust- und Lendenwirbelsäule setzen sie sich bis in die Gelenkkapseln der Procc. articulares fort. Figg. 357, 358.

Art und Wirkung der Verbindung. Die Verbindung zweier Wirbelbögen durch ein Lig. flavum stellt die Syndesmosis elastica dar. Bei Biegungen und Dehnungen der Wirbelsäule werden die Ligg. flava gespannt und ziehen sich nachher wieder zusammen, wobei sie stets glatt gespannt bleiben, was bei einer Verbindung durch faseriges Bindegewebe nur schwer zu erreichen wäre.

3. Ligamenta interspinalia, Zwischendornbänder. Figg. 334, 337, 339.

Die Räume zwischen je zwei Dornfortsätzen werden von der Wurzel bis nahe zur Spitze von Bändern eingenommen, welche aus kollagenen Bindegewebsbündeln und spärlichen elastischen Fasern bestehen. Sie sind im Lendenteil am stärksten.

4. Ligamentum supraspinale, Dornspitzenband. Figg. 337, 339, 360.

Es besteht aus festen Längsfaserbündeln, welche die Spitzen der Dornfortsätze miteinander verbinden. Zugleich über letztere hinwegziehend, bilden sie vom siebenten Halswirbel bis zum Kreuzbein ein Ganzes, welches auch Ligamentum apicum genannt wird.

Protuberantia occipitalis ext.
Os temporale
Squama occipitalis
Proc. mastoideus
Lig. longitudinale ant.
I Atlas
II Epistropheus
Lig. nuchae
IV
V
VI
VII Vertebra prominens
Costa I
Vert. thoracalis I.
Lig. supraspinale

Fig. 334.
Nackenband,
von der linken Seite (2/3).

Os sacrum
Foramen sacrale post. IV.
Lig. sacrococcygeum articulare
Lig. sacrococcygeum post. superficiale
Lig. sacrococcygeum post. profundum
Lig. sacrococcygeum lat.
Cornu coccygeum
Processus transversus

Fig. 335.
Kreuzsteißbeinbänder,
dorsale Ansicht (1/1).

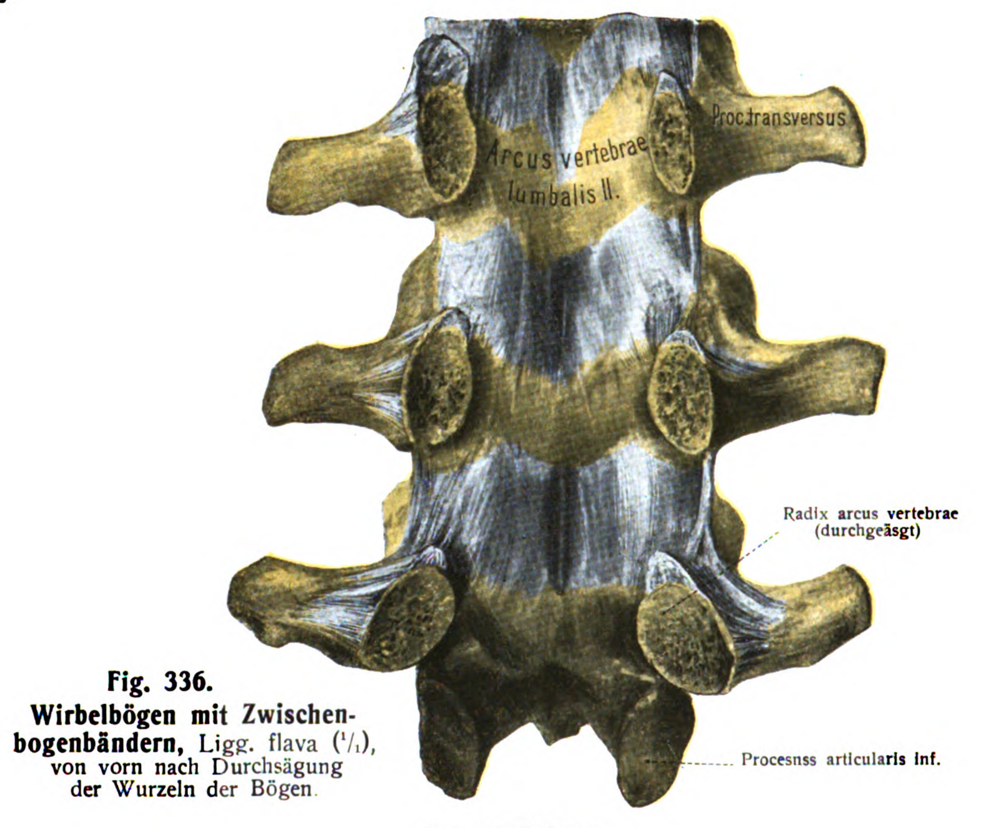


Fig. 336. Wirbelbögen mit Zwischenbogenbändern, Ligg. flava (1/1), von vorn nach Durchsägung der Wurzeln der Bögen.

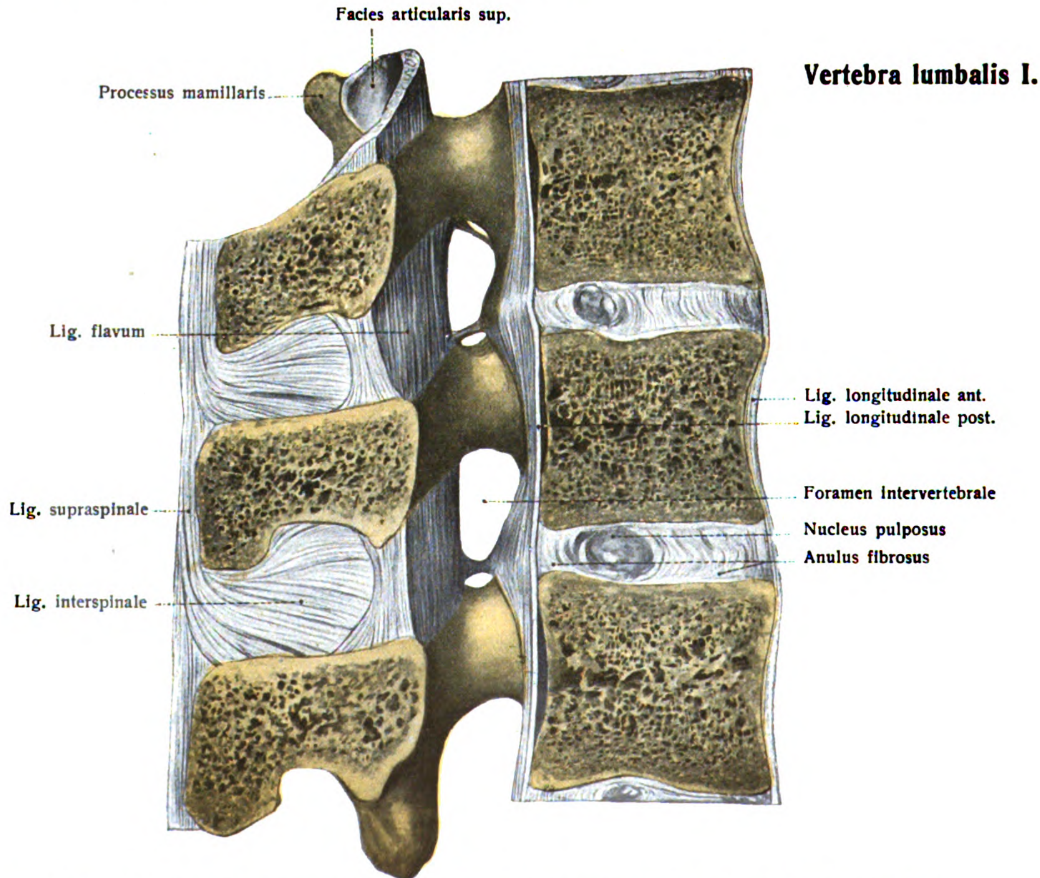


Fig. 337. Medianschnitt der drei oberen Lendenwirbel mit ihren Bändern (1/1).

Am Halsteil der Wirbelsäule tritt an Stelle des Ligamentum apicum ein verstärkter Bandapparat, das zierlich geflochtene Ligamentum nuchae, Nackenband. Fig. 334.

Es stellt ein dreiseitiges, dünnes, die Muskelgruppen beider Seiten trennendes Septum dar, welches aus elastischen und Bindegewebsfasern gebildet, vom Dorn des siebenten Halswirbels bis zur Protuberantia occipitalis externa ausgespannt ist. Es heftet sich an die gesamte Crista occipitalis externa an, indem es im Aufsteigen breiter (in dorso-ventraler Richtung) wird. Von jedem Dornfortsatz empfängt es kräftige Bündel, welche in die Gesamtmasse ausstrahlen.

Bei Tieren ist es fast rein elastisch und viel stärker als beim Menschen, wo es sehr viel kollagenes Gewebe enthält.

5. Ligamenta intertransversaria.

So heißen die im ganzen schwach entwickelten fibrösen Verbindungen zwischen den Querfortsätzen. In der Lendengegend bilden sie etwas stärkere Membranen, in der Brustgegend bestehen sie aus schlanken, innig mit der Muskulatur zusammenhängenden Bündeln, am Halse sind sie aus wenigen Fasern gebildet. Fig. 360.

Der Querfortsatz des letzten Kreuzwirbels ist mit dem gleichen Fortsatz des ersten Steißwirbels durch das Lig. sacrococcygeum laterale verbunden. (Fig. 335.) Verknöcherung dieses Bandes ist eine Teilerscheinung der sakralen Assimilation des ersten Steißwirbels.

6. Capsulae articulares processuum articularium. Figg. 339, 353, 354, 357, 358.

Die Kapselbänder entspringen an den Rändern der Gelenkfortsätze und umschließen die zwischen den Gelenkflächen befindliche Gelenkhöhle. Im Halsteil der Wirbelsäule sind die Kapseln schlaffer und weiter als im Brust- und Lendenteil.

Die Cornua sacralia et coccygea werden miteinander verbunden durch die Ligamenta sacrococcygea articularia. Fig. 335.

2. Bänder der gesamten Wirbelsäule.

I. Ligamentum longitudinale anterius. Figg. 341, 349.

Das vordere Längsband liegt an der ventralen Fläche der Wirbelkörper und erstreckt sich vom Körper des Hinterhauptbeins und vom Tuberculum anterius atlantis bis zum ersten Kreuzwirbel; es wird im Absteigen breiter und mächtiger. Die tiefsten Fasern verbinden nur die nächsten Wirbel untereinander, während die oberflächlichen Teile über 4—5 Wirbel sich erstrecken. Das Band verbindet sich fest mit den Wirbelkörpern (Poirier, Fick), während es über die Bandscheiben ohne festere Verbindung wegzieht.

An der Seite der Wirbelkörper treten einige entsprechende Faserzüge in Form dünner und zerstreuter Bündel je von einem zu dem nächstliegenden Knochen.

Auf der ventralen Fläche des zweiten Kreuzbeinwirbels verbindet sich das vordere Längsband mit dem Periost und tritt selbständig erst wieder an der Kreuz-Steißbeinverbindung hervor als Ligamentum sacrococcygeum anterius, doch kann es auch manchmal über die ganze Länge des Kreuzbeins sich erstrecken.

II. Ligamentum longitudinale posterius. Figg. 340, 348.

Das hintere Längsband liegt an der ventralen Wand des Wirbelkanals, d. h. an der dorsalen Fläche der Wirbelkörper, ist schwächer als das vordere und in der kranialen Abteilung breiter als in der kaudalen. Es beginnt in der Schädelhöhle am Körper des Hinterhauptbeines und erstreckt sich bis zum Kreuzbein.

Im Halsteil hat das Band gleichmäßige Breite, im Brust- und Lendenteil dagegen verbreitert es sich an den Zwischenwirbelscheiben und verschmälert sich an der Mitte der Wirbelkörper. Mit den Rändern der letzteren und den Zwischenwirbelscheiben hängt es fest zusammen; gegenüber der Mitte der Wirbelkörper läßt es ansehnliche Räume frei, welche besonders von Venengeflechten eingenommen werden.

Zwischen dem Kreuz- und Steißbein erscheint als eine Fortsetzung dieses Bandes das Ligamentum sacrococcygeum posterius profundum. Letzteres wird gedeckt durch Faserzüge, welche rudimentären, neuralen Bögen entsprechen und Ligamentum sacrococcygeum posterius superficiale genannt werden. Fig. 335.

Vom letzten Steißwirbel läuft ein Faserstrang, Lig. caudale, zur äußeren Haut und bedingt an ihr nicht selten eine vertiefte Stelle: Foveola coccygea (s. Sinnesorgane, Haut).

Gefäße und Nerven der Wirbelbänder und Wirbelgelenke. Die zahlreichen kleinen Gefäße entstammen der A. vertebralis sowie den Aa. intercostales, lumbales, sacrales. Die Nerven stammen von den Spinalnerven.

Die Wirbelsäule als Ganzes.

Die Länge der Wirbelsäule (nach R. Fick) beträgt (den Biegungen folgend) beim Erwachsenen etwa 72—75 cm, d. h. etwa 45 Proz. der Körperlänge; davon kommen 11—14 cm auf den Halsteil, 27—30 cm auf den Brustteil, 17—19 cm auf den Lendenteil, 12—16 cm auf den Kreuzbeinteil.

Die Höhe der Wirbelsäule (= kürzeste Entfernung zwischen Spitze des Dens epistrophei und Steißbeinspitze) beträgt (nach Krause) beim Mann 69—70 cm, beim Weib 66—69 cm, d. h. etwa 40 Proz. = $^2/_5$ der ganzen Körperlänge, doch ist dies Verhältnis bekanntlich nicht konstant. Nach Hasse haben größere Leute im allgemeinen längere Beine und kürzeren Rumpf.

Beim Fetus und ganz jungen Kindern ist die Wirbelsäule verhältnismäßig länger, bleibt aber später im Wachstum gegenüber den Extremitäten zurück. Erst zur Zeit der Pubertät gleicht sich der Unterschied wieder aus. Ihre definitive Länge soll sie bei Deutschen im 23., bei Engländern und Franzosen erst im 28.—30. Jahr erreichen. Bei alten Leuten nimmt die Länge der Wirbelsäule beträchtlich ab, die Verkürzung kann vom 50.—90. Jahr 7 cm betragen. Die Ursachen sind Vermehrung der Krümmungen und Verminderung der Höhe der Zwischenwirbelscheiben.

Die Unterschiede der Länge entsprechend dem Stehen und Liegen sind nach H. v. Meyer 1,5—3,0 cm.

Die Eigenform der menschlichen Wirbelsäule untersuchte H. Virchow mit Hilfe eines besonderen Verfahrens und fand eine große Variation (Verhandl. anat. Ges. 23. Vers. 1909).

Mechanik der Wirbelsäule. Figg. 342—347.

a) Die Gliederung der Wirbelsäule.

Die Wirbelsäule ist eine Knochen- und Bänderkombination, eine „synarthrotische Kette“ (R. Fick), an welcher man mit Bezug auf ihre Aufgaben die Reihe der Wirbelkörper, Wirbelkörpersäule, und die Reihe der Bögen, Bogenplatte, beide mit ihren Bandapparaten versehen, zu unterscheiden hat. Jene stellt einen gegliederten Stab, diese eine gegliederte Platte dar. Erstere ist maßgebend für die Aufnahme der Körperlast und durch die Bandscheiben bestimmend für die Größe der Bewegung. Die Bogenplatte bestimmt die Bahn und die Richtung der Bewegung. Beide zusammen beschränken sich gegenseitig.

Das Kreuzbein ist fest verbunden mit den Hüftbeinen zum Becken und dadurch unbeweglich. Die Beweglichkeit der 24 oberen Wirbel ist durch die zahlreichen Bandverbindungen sehr eingeschränkt, so daß benachbarte Wirbel sich nur wenig gegeneinander bewegen können. Die 24 geringen Einzelbewegungen summieren sich aber zu erheblicher Gesamtleistung.

Die Bewegungen der Wirbelsäule sind nach allen Seiten möglich. Wir untersuchen folgende Hauptbewegungen.

1. Beugung und Streckung in der Medianebene (Anteflexion und Retroflexion);
2. Beugung und Streckung in der Frontalebene (Lateralflexion);
3. Kreiselung (Torsion und Retorsion);
4. Federnde Bewegungen, welche durch die Krümmungen der Wirbelsäule ermöglicht werden.

Die Größe dieser Bewegungen ist ungleich in den verschiedenen Abschnitten der Wirbelsäule; sie ist auch größer an der Leiche als am Lebenden und ist individuell außerordentlich verschieden.

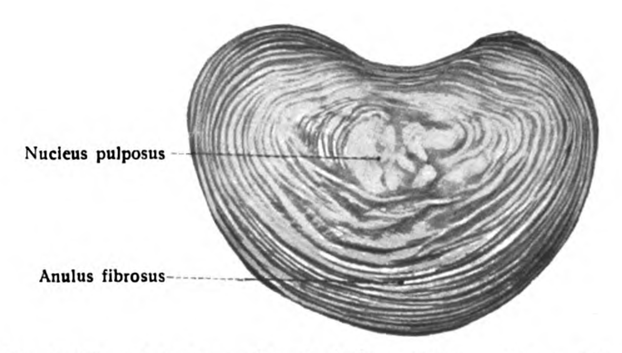


Fig. 338. Zwischenwirbelscheibe, Fibrocartilago intervertebralis (1/1), quer durchschnitten.

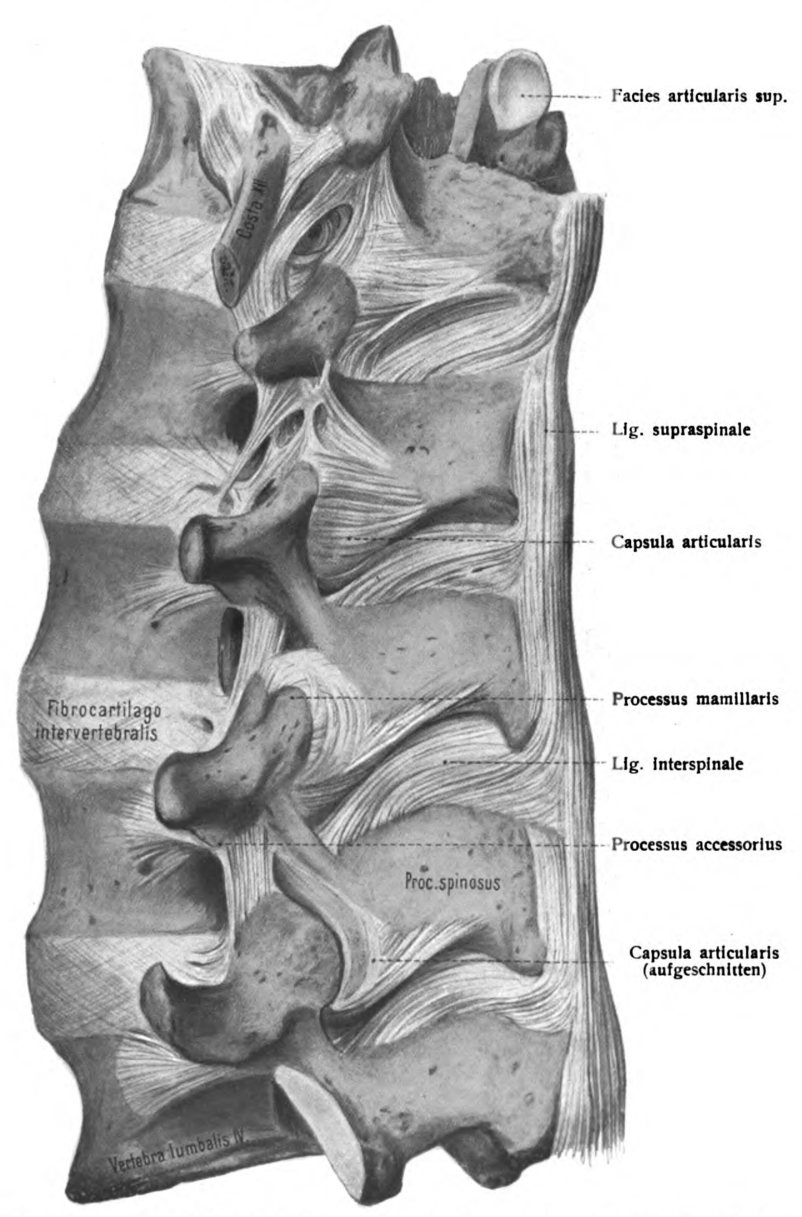


Fig. 339. Lendenwirbelsäule mit ihren Bändern von der linken Seite (1/1), (zwölfter Brustwirbel und die vier oberen Lendenwirbel).

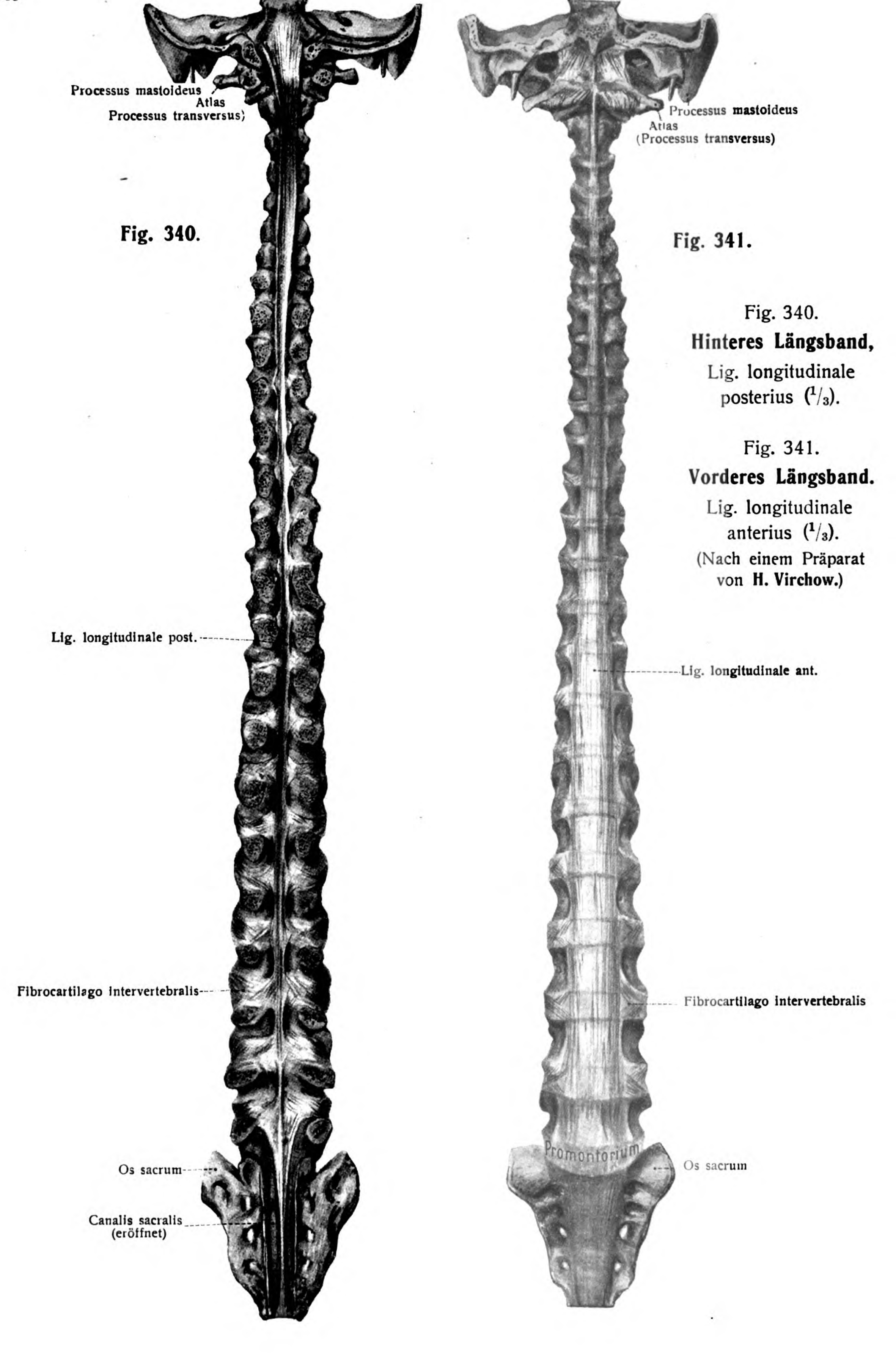


Fig. 340.
Hinteres Längsband,
Lig. longitudinale
posterius ($^1/_3$).

Fig. 341.
Vorderes Längsband.
Lig. longitudinale
anterius ($^1/_3$).
(Nach einem Präparat
von **H. Virchow.**)

Vor- und Rückbeugung sind am größten im Halsteil; im Lendenteil ist sie nach hinten ebenso groß wie im Halsteil, nach vorn aber noch nicht ein Drittel so groß; am geringsten ist sie im Brustteil, wo sie auf die untersten Wirbel beschränkt ist, hier ist die Rückbeugung am geringsten, die Vorbeugung etwas größer.

Die Axe für Beugung und Streckung verläuft horizontal von rechts nach links durch die Mitte des Gallertkerns; am Halsteil aber durch die Mitte des jeweils unteren Wirbelkörpers.

Die Seitwärtsneigung beträgt im Halsteil etwa 30°, im Brustteil etwa 100° (nach Entfernung der Rippen), im Lendenteil etwa 35° nach jeder Seite.

Die Axe verläuft gerade sagittal von dorsal nach ventral durch die Mitte des Gallertkerns.

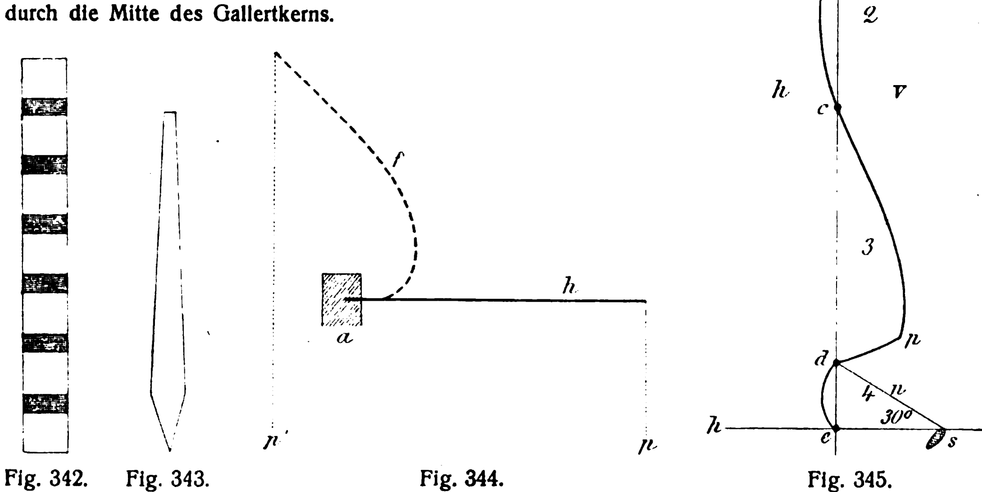


Fig. 342. Fig. 343. Fig. 344. Fig. 345.

Fig. 342. **Schema der gegliederten Wirbelsäule.**

Fig. 343. **Auf- und absteigender Teil der Wirbelsäule.**

Fig. 344. **Festgestellter Hebel- und Federapparat.** *a* feststellender Körper; *h* Hebelarm; *f* gebogene Feder; *p* und *p'* Last.

Fig. 345. **Schema der menschlichen Wirbelsäule und ihrer Krümmungen in der Medianebene.** (*h* hinten, *v* vorn.) Eine Vertikale *v*, welche bei aufrechter Haltung vom Tuberculum anterius atlantis *a* abwärts gezogen wird, trifft den sechsten Halswirbel *b*, den neunten Brustwirbel *c*, die Einknickungsstelle des dritten Kreuzwirbels *d* und die Spitze des Steißbeines *e*; *p* Promontorium; *s* Symphysis ossium pubis; 1 Curvatura cervicalis; 2 Curvatura thoracalis; 3 Curvatura lumbalis (welche nicht bis *c* reicht); 4 Curvatura sacralis (sacrococcygea); *h* Horizontale; *n* Normalkonjugata; 30° Neigungswinkel der Normalkonjugata gegen den Horizont.

Die Kreiselung beträgt im Halsteil 45°, im Brustteil 40°, im Lendenteil 5° nach jeder Seite, für die ganze Wirbelsäule also 90° nach jeder Seite.

Die Axe steht senkrecht auf jeder Bandscheibe und geht ebenfalls durch die Mitte des Gallertkernes.

Bewegungsumfang der ganzen Wirbelsäule an der Leiche (nach R. Fick).

	Beugung nach ventral	Beugung nach dorsal	Neigung nach jeder Seite	Kreiselung nach jeder Seite (ohne Atlas)
Halsteil	90°	90°	30°	45°
Brustteil	90°	45°	100°	40°
Lendenteil	23°	90°	35°	5°
Neigung der Atlasebene gegen die Kreuzbeinbasis . . .	203°	225°	165°	90°
Beim Lebenden im Mittel .	192,3°	141,7°		

Die Längskreiselung des Körpers (Wirbelsäule und Kopf) beträgt nach Weber beim Lebenden 180° nach jeder Seite beim festen Stehen auf beiden Beinen. Davon kommen 72° auf Drehungen der Hüft-, Knie-, Fußgelenke, so daß für die Drehung des Kopfes und der Wirbelsäule etwa 108° nach jeder Seite übrig bleiben. Da die Drehung des Kopfes etwa 30° nach jeder Seite ausmacht, bleiben für die Wirbelsäule 78° übrig.

b) Auf- und absteigender Teil der Wirbelsäule. Fig. 343.

Der gegliederte Stab, welchen die Wirbelkörpersäule darstellt, hat bekanntlich nicht an allen Stellen den gleichen Querschnitt. Die Formen und Durchmesser des Querschnittes schwanken in eigentümlicher, bereits früher betrachteter Weise. Im allgemeinen aber ist leicht erkennbar, daß die Säule die Form von Körpern nachahmt, welche unter ähnlichen Bedingungen des Tragens und der Befestigung stehen und in allen Querschnitten gleiche Strebfestigkeit besitzen.

Ein gefährlicher Querschnitt wird dadurch vermieden. Dieser würde an der menschlichen Wirbelsäule im unteren Lendenteil liegen, wobei wir uns für einen Augenblick die Wirbelsäule als geraden Stab vorstellen. Dem zu begegnen, zeichnet sich die Lendenwirbelsäule durch ihren mächtigen Querschnitt aus. Kaudalwärts folgt eine rasche Verjüngung der Durchmesser.

c) Krümmungen der Wirbelsäule. Figg. 58—60, 345, 346.

Die Wirbelsäule ist nicht nur ein gegliederter, nach dem Prinzipe von Körpern gleicher Strebfestigkeit gestalteter Stab, sondern sie zeigt auch Krümmungen.

α. Krümmungen in der Medianebene: Lordose, Kyphose.

Es ist eine in der Medianebene gelegene Curvatura cervicalis, thoracalis, lumbalis und sacrococcygea vorhanden. Hals- und Lendenkrümmung sind vorn konvex, Lordose, Brust- und Kreuzbeinkrümmung vorn konkav, Kyphose.

In diesen Krümmungen tritt uns ein neuer Grundsatz entgegen. Die Wirbelsäule nämlich nimmt ihre Last auf nach dem Prinzip der mehrfach gebogenen Feder und des festgestellten Hebels. In Fig. 344 ist *h* ein in *a* festgestellter, horizontal liegender Hebel, welcher durch *p* belastet wird. Man kann diesen Hebelarm auch zu einer Feder umbiegen, deren Feststellung in *a* bestehen bleibt. Die Last *p* ist ebenfalls am freien Ende aufgehängt, doch fällt die Schwerlinie derselben jetzt auf der anderen Seite, hinter dem Unterstützungspunkte *a* herab. Der gebogene Hebelarm nimmt die Last nunmehr mit federndem Widerstande auf. Es tritt Ruhe in dem Apparate ein, wenn die Last und der federnde Widerstand sich das Gleichgewicht halten.

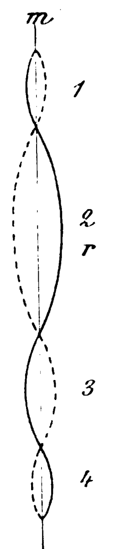


Fig. 346.
Schema der Lateralkrümmungen einer rechtsgeneigten (*r*) und **einer linksgeneigten** (*l*) **Wirbelsäule.**
m Medianlinie; 1 laterale Hals-, 2 Brust-, 3 Lenden-, 4 Kreuzkrümmung der Wirbelsäule, verstärkt dargestellt.
(Nach C. Hasse.)

So finden wir es auch bei der gebogenen und aufgerichteten Wirbelsäule des Menschen, deren Krümmungen in der Medianebene in Fig. 345 dargestellt sind. Es ist zunächst das Stück *cpd* in das Auge zu fassen und mit der Feder *f* der vorhergehenden Figur zu vergleichen. Das Stück *dp* der Wirbelsäule ist die kraniale Hälfte des Kreuzbeins und durch die Articulationes sacroiliacae in das Becken eingemauert. Es folgt nun das wichtige Stück *pc*. Der Punkt *c* entspricht dem Körper des neunten Brustwirbels. Das ist aber eine bedeutungsvolle Stelle; denn sie entspricht dem Schwerpunkt des ganzen Stammes mit den oberen Extremitäten. Man kann sich also die Last des eben genannten großen Körpergebietes hier vereinigt denken; sie wirkt bei *c* an der Feder *pc*. Die Schwerlinie fällt am hinteren Rande der Befestigungsstelle herunter, weit hinter dem Promontorium. Die Feder *cp* wird durch die Körperlast so stark gespannt, bis Ruhe in dem Apparat gegeben ist. Der letztere befindet sich hiernach in stabiler, nicht in labiler Gleichgewichtslage. Hierbei fällt auch ein erklärendes Licht auf die Synostose der Kreuzwirbel im allgemeinen sowie auf die Einknickungsstelle *d* des Kreuzbeines im besonderen, welche der Mitte des dritten Kreuzwirbels angehört und dem kaudalen Ende der Gelenk- und Befestigungsstelle entspricht.

Die Wirbelsäule ist jedoch nicht eine einfach gebogene, sondern eine mehrfach gebogene Feder. Auf das Stück *pc* folgt das Stück *cb*, diesem das Stück *ba*. Hals- und Brustkrümmung dienen der federnden

Aufnahme der Last des Kopfes und der oberen Extremitäten im einzelnen. Hiermit steht nicht in Widerspruch, daß die vorn konkave Brustwirbelsäule zunächst für die Aufnahme der Brusteingeweide bestimmt ist und dieser Aufgabe am besten dient. Die unmittelbare Übertragung der Last der oberen Extremitäten auf die Brustwirbelsäule geschieht durch das Sternum und das erste Rippenpaar.

Bei horizontaler Lage des Körpers wird dem Angegebenen entsprechend die Entfernung der Endpunkte der Wirbelsäule kleiner gefunden als bei aufrechter Haltung und weiterer Belastung. Aber auch die aus dem Körper herausgenommene Wirbelsäule steht noch unter Druck und Spannung. Es zeigt sich nämlich, daß die freie Bogenreihe nach ihrer Trennung von der Wirbelkörpersäule sich ansehnlich verkürzt (32—45 mm), durch Zusammenziehung der elastischen Ligg. flava. Eine Last von etwa 2 kg ist erforderlich, um sie auf die ursprüngliche Länge zu bringen. Mit dieser elastischen Kraft drückt folglich die Bogenreihe auf die Wirbelkörpersäule. In der Tat schwächt sich die Hals- und Lendenkrümmung der Wirbelkörpersäule nach Abtrennung der Bogenreihe bedeutend ab. Werden an jener noch das Lig. longitudinale anterius und posterius entfernt, so erscheint die Körperreihe fast gerade.

Bei dem Neugeborenen sind zwar alle Krümmungen der Wirbelsäule bereits vorhanden, doch wenig ausgebildet, insbesondere ist der promontoriale Vorsprung noch flach und die Krümmung der Lendenwirbelsäule von relativ geringer Stärke.

Die Krümmungen des Stammes sind mit denjenigen der Wirbelsäule nicht erschöpft, sondern zeigen sich auch im Gebiet des Schädels. Die erste derselben liegt an der Grenze zwischen Wirbelsäule und Schädel und wird durch den Angulus craniovertebralis ausgedrückt, welcher bei gewöhnlicher Kopfhaltung ungefähr 90° beträgt. Weiter vorn liegt der vorn unten offene, zwischen Clivus und Siebplatte gelegene Sattelwinkel, Angulus sellae, von ungefähr 120°.

β. Krümmungen in frontaler Ebene: Skoliose. Fig. 346.

Schon lange ist eine häufig vorkommende Ausbiegung der Brustwirbelsäule (meist im Bereich des 3.—5. Brustwirbels) nach rechts bekannt gewesen. Erst in neuerer Zeit jedoch ist gezeigt worden, daß diese Rechtsbiegung nur ein Glied in einem ganzen System von Biegungen in frontaler Ebene darstellt, welche sich mit den Krümmungen in der Medianebene zu einem Gesamtbild verflechten (C. Hasse).

Seltener als nach rechts ist die Brustkrümmung nach links ausgebogen. Wo letzteres vorkommt (und es kann bei besonders wohlgewachsenen Personen vorkommen), erfolgen auch die sich oben und unten anschließenden Krümmungen nach der entgegengesetzten Seite.

Wie es bei den Curvaturae sagittales der Fall ist, so hören auch die Curvaturae laterales mit der Wirbelsäule nicht auf, sondern setzen sich auf den Schädel fort.

Kein größerer Abschnitt des erwachsenen Körpers ist, wie Hasse auf Grundlage seiner Untersuchungen weiter ausführt, streng symmetrisch gebaut. Die Kopf-, Hals-, Brust-, Bauch- und Beckenhälften sind ungleich; ungleich sind auch die rechte und die linke obere und untere Extremität.

„Ist die Wirbelsäule, wie es bis dahin als Norm angesehen wurde, im Brustteile nach rechts abweichend, dann erscheinen bis auf den Kopf alle Rumpfabschnitte rechts nicht allein breiter, sondern auch in der Richtung von vorn nach hinten größer; umgekehrt verhält es sich aber bei der Abweichung nach links. Weicht die Wirbelsäule nach rechts ab, dann ist der rechte Schultergürtel höher gestellt und der rechte Arm erscheint länger als der linke. In diesem Fall steht aber die rechte Beckenhälfte tiefer, und das rechte Bein ist kürzer als das linke. Umgekehrt stellt sich aber das Verhältnis in dem Augenblick, wo die Wirbelsäule nach links gewandt ist.“

Man wird nicht fehlgehen, den mechanischen Sinn, der sich in den lateralen Krümmungen ausspricht, ganz in derselben Richtung zu suchen, welche uns von den sagittalen bekannt geworden ist.

γ. Wirbelsäulen- und Schädelkrümmungen des Fetus.

Bei der Beurteilung der im vorausgehenden beschriebenen Krümmungen des Stammskelets des Erwachsenen hat man immer auch frühere fetale Zustände zu berücksichtigen. Von der Wirbelsäule des Neugeborenen ist bereits bemerkt worden, daß sie alle sagittalen Krümmungen in kleinem Maße bereits erkennen läßt; dagegen sind die seitlichen Krümmungen bei normalen Neugeborenen

und Kindern in den ersten Lebensjahren noch nicht vorhanden (Gaupp). Geht man bis auf frühe Embryonalstufen zurück und nimmt die hier vorhandenen Leibeskrümmungen wahr, so läßt sich unschwer das allgemeine Ergebnis gewinnen, daß alle späteren Krümmungen des Skelets teils auf einer Beibehaltung und Weiterbildung bereits vorhandener Leibeskrümmungen beruhen, teils auf einer Umgestaltung und Veränderung derselben. Es ist leicht begreiflich, daß Schädlichkeiten, welche auf die Wirbelsäule einwirken, eine noch im Wachstum begriffene Wirbelsäule doppelt empfindlich treffen müssen. Allzu anhaltendem Sitzen auf ungeeigneten Bänken in schlecht ventilierten Räumen wird dabei die Hauptschuld beigemessen und einer energischen Hygiene der Jugend kräftig das Wort geredet.

δ. Wirbelsäule der Quadrupeden.

Die Krümmung der Wirbelsäule menschlicher Embryonen bestimmten Alters hat große Ähnlichkeit mit der Form der Wirbelsäule der Quadrupeden.

Diese Ähnlichkeit beruht darauf, daß eine ventralwärts vorgebogene Lendenwirbelsäule und ein vorspringendes Promontorium beiden fehlen. So ist ein großer ventral konkaver Gewölbebogen vorhanden, welcher die Brust-, Bauch- und Beckeneingeweide umschließt. Die ventral konvexe Lendenwirbelsäule des aufrecht gehenden und aufrecht stehenden erwachsenen Menschen kommt eben zustande durch das Bestreben, den Schwerpunkt des Stammes hinter die Articulatio sacroiliaca und hinter die Hüftaxe zu werfen.

ε. Die Wirbelsäule als Fachwerk.

Nach Untersuchungen von K. v. Bardeleben kann man die Wirbelsäule des Menschen (und der Vierfüßer, am besten aber die der Fische) als ein mehr oder weniger kompliziertes und modifiziertes Fachwerk betrachten. Fig. 347.

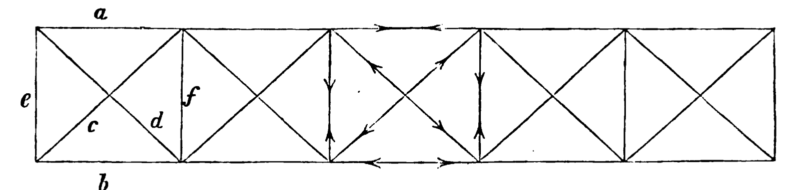


Fig. 347.

Fachwerk, *a* und *b* Gurten; *a* Druckbaum; *b* Streckbaum; *c* und *d* Streben; *e* und *f* Pfosten oder Vertikalständer. Die Pfeile in dem mittleren Fach deuten die Richtung der an dem Fachwerk bei ruhender Belastung wirkenden Kräfte an. (Nach von Bardeleben.)

Ein Fachwerk besteht aus einem oberen und unteren Balken (dem Druck- und Streckbaum), sowie aus diagonalen und vertikalen Streben, welche die Füllung genannt werden. Dem Druckbaum entsprechen an der Wirbelsäule Bälkchen der Spongiosa, welche vom vorderen zum hinteren Processus articularis ziehen, dem Streckbaum die Längsbälkchen der Wirbelkörper mit dem Lig. longitudinale anterius. Die Füllungsglieder werden von dem schräg vom Proc. articularis zur gegenüberliegenden Fläche des Wirbels ziehenden Bälkchensysteme dargestellt. Als Vertikalstreben erscheinen die den Endflächen der Wirbelkörper parallel laufenden Bälkchensysteme. Das in dieser Weise gebaute Fachwerk kommt im Körper symmetrisch gebildet vor, d. h. es sind deren zwei vorhanden, welche in der Medianebene miteinander zusammenhängen. Die Schlußplatte des Wirbelbogens stellt ein entsprechendes drittes System dar, welches die beiden anderen dorsal schließt und verbindet.

II. Cranio-vertebraler Bandapparat. Figg. 350—356.

Die Nähe des Schädels hat nicht allein dem Atlas, sondern auch dem Epistropheus sein formales Gepräge gegeben. Dementsprechend haben auch die Verbindungen dieser beiden Knochen untereinander und mit dem Schädel Veränderungen erfahren; sie sind beweglicher geworden als die Synarthrosen der anderen Wirbel, ohne dabei an Festigkeit zu verlieren, denn obwohl sie Diarthrosen

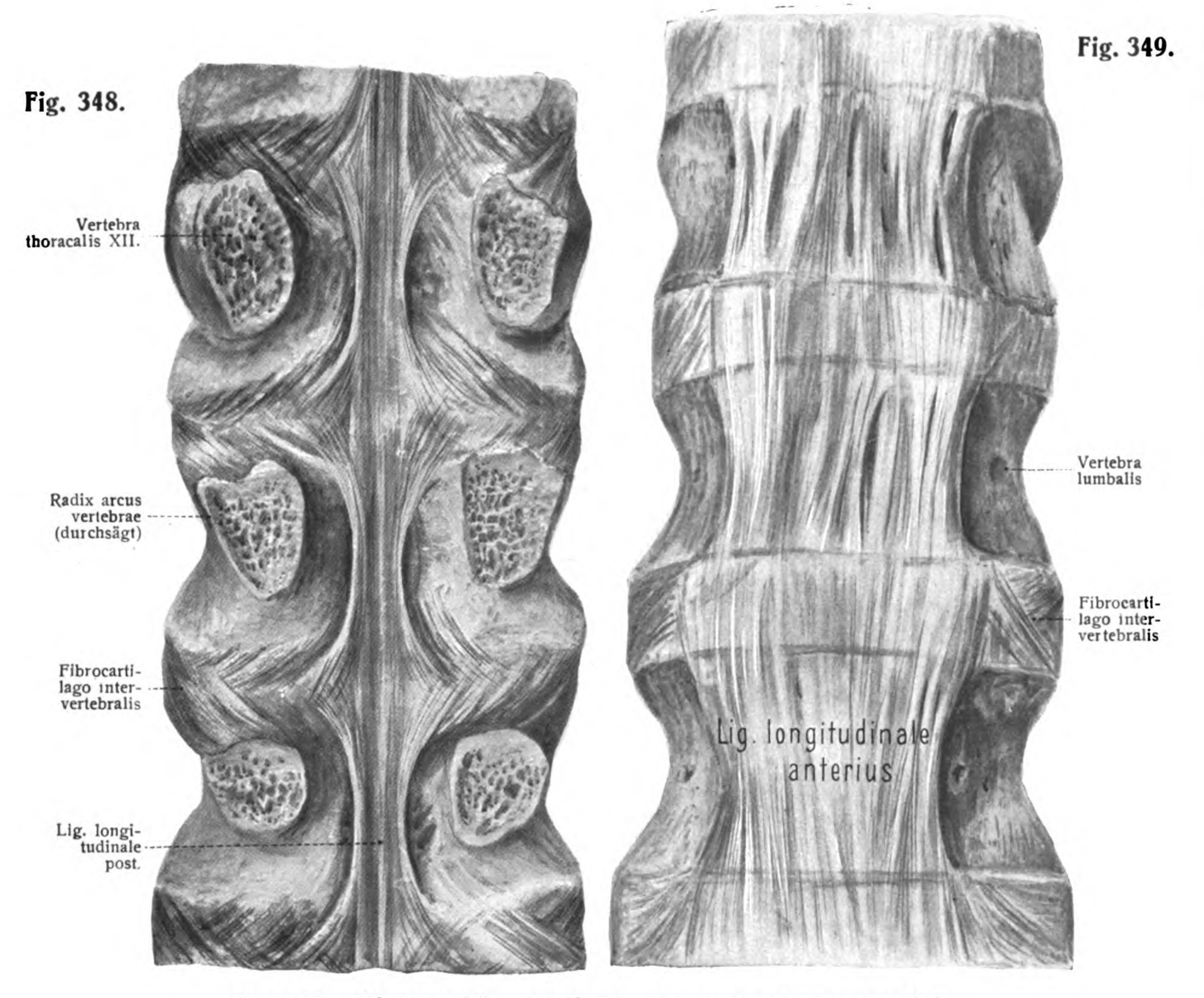


Fig. 348. **Hinteres Längsband,** Lig. longitudinale posterius (1/1).
Fig. 349. **Vorderes Längsband,** Lig. longitudinale anterius (1/1).
(Nach einem Präparat von **H. Virchow.**)

Fovea articularis superior atlantis

Dens epistrophei

Lig. transversum

Arcus post. atlantis

Epistropheus

Fig. 350. Atlasquerband, Lig. transversum atlantis (1/1).
Atlas und Epistropheus im Zusammenhang, von allen anderen Bändern befreit mit Ausnahme des Atlasquerbandes und des unteren Schenkels des Kreuzbandes.

Sulcus petrosus inf.
Canalis hypoglossi
Foramen jugulare
Sulcus sigmoideus
Clivus
Membrana tectoria
Capsula articularis (Art. atlantooccipitalis)
Foramen transversarium atlantis
Processus transversun atlautis
Lig. flavum
Lig. longitudinale post.

Fig. 351.
Deckhaut,
Membrana tectoria (1/1).
Freigelegt durch Wegnahme der Wirbelbögen, der Schuppe des Hinterhauptbeines, des Inhaltes des Wirbelkanales und des Lig. longitudinale post.

VI.
VII.
VIII.
IX.
X.
XI.
XII.
Membrana atlantooccipitalis ant.
Lig. apicis dentis
Cranialer Ursprung des Lig. denticulatum
oberer Schenkel des Lig. cruciatum
Arteria vertebralis
Membrana tectoria
Dens
Articulatio atlantoepistrophica
Membrana atlantooccipitalis pot.
Lig. transversum atlantis
Epiduralraum
unterer Schenkel des Lig. cruciatum
Corpus epistrophei
Dura mater
Lig. longitudinale ant.
Lig. longitudinale post.

Fig. 352.
Medianschnitt durch die Gelenkverbindungen des Schädels mit der Halswirbelsäule (5/4).
(Linke Schnittfläche.)

mit weiten dünnen Kapseln darstellen, sind die Verstärkungsbänder außerordentlich fest.

Zwei Gelenke sind hier vorhanden, das „obere Kopfgelenk" (Fick) zwischen Atlas und Hinterhauptbein, Articulatio atlantooccipitalis, und das „untere Kopfgelenk" (Fick) zwischen Atlas und Epistropheus, Articulatio atlantoepistrophica.

1. Oberes Kopfgelenk, Articulatio atlantooccipitalis.

Artikulierende Knochen: Hinterhauptbein und Atlas.

Artikulierende Flächen: Die beiden Condylen des Hinterhauptbeins und die beiden Gelenkpfannen, Foveae articulares supp., des Atlas. Die Oberflächen des linken und rechten Condylus und ebenso die Oberflächen der linken und rechten Gelenkpfannen sind länglich ovale Ausschnitte aus der Oberfläche eines ellipsoidischen mit der langen Axe transversal liegenden Rotationskörpers. Sie sind in der Längs- und in der Querrichtung gekrümmt, und zwar in der letzteren Richtung stärker. Die langen Durchmesser der Condylen und der Gelenkpfannen konvergieren bald mehr bald weniger nach vorn; im Mittel sind die vorderen Enden der Gelenkflächen 21—25 mm, die hinteren 30,5—34 mm voneinander entfernt (Fick). Die queren Durchmesser verlaufen schräg, und zwar so, daß das laterale Ende höher liegt. Die Gelenkflächen der Condylen sind etwas länger als die entsprechenden Pfannen des Atlas.

Individuelle Verschiedenheiten sind zahlreich vorhanden. Sehr häufig ist die Teilung der Gelenkflächen in einen größeren vorderen und einen kleineren hinteren Abschnitt. Ferner finden sich bedeutende Unterschiede der Krümmung der Gelenkflächen; das eine Extrem ist der flache, breite, niedrige, das andere der hohe, schmale, stark gekrümmte Typus. Letztere Form ist bei Europäern selten. Linker und rechter Condylus sind ungleich hoch, der rechte ist meist flacher.

Die Gelenkkapsel ist schlaff. Sie setzt am Atlas dicht am Knorpelrand in einer Kapselrinne an, während sie am Hinterhauptbein lateral und medial vom Condylus in einiger Entfernung vom Knorpelrand entspringt.

Besondere Einrichtungen sind die Membranae atlantooccipitales.

Die Membrana atlantooccipitalis anterior entspringt vom kranialen Rand des vorderen Atlasbogens und geht über in den faserknorpligen Überzug der Außenfläche vom Körper des Hinterhauptbeins. Sie wird in der Mittellinie verstärkt durch den obersten Teil des Lig. longitudinale anterius. Fig. 353.

Die Membrana atlantooccipitalis posterior ist dünner als die vordere. Sie zieht vom hinteren Rand des Foramen occipitale magnum zum oberen Rand des hinteren Atlasbogens. Sie geht seitlich über in die Kapsel dieses Gelenkes und zeigt entsprechend dem Sulcus arteriae vertebralis des hinteren Atlasbogens einen Ausschnitt, welcher zusammen mit der Knochenwand des genannten Sulcus den Kanal zum Durchtritt der Arteria vertebralis, des N. suboccipitalis und eines venösen Plexus bildet. Fig. 354.

Beide Membranen bestehen aus Bündeln kollagenen Gewebes und vielen elastischen Fasern.

2. Unteres Kopfgelenk, Articulatio atlantoepistrophica.

Artikulierende Knochen: Atlas und Epistropheus.

Artikulierende Flächen: Die beiden Knochen sind miteinander an vier Stellen gelenkig verbunden; sieben Gelenkflächen sind an den Knochen vorhanden, und zwar: 1, 2 die Facies articularis anterior und posterior am Zahn des Epistropheus, 3, 4 die oberen Gelenkflächen am Körper des Epistropheus, 5, 6 die unteren Gelenkflächen des Atlas, 7 die Fovea dentis des vorderen Atlasbogens. Als achte Gelenkfläche dient die überknorpelte vordere Fläche des Ligamentum transversum atlantis.

Von den vier Gelenken befinden sich zwei am Zahn des Epistropheus, das eine vorn, vorderes Zahngelenk (Fick), das andere hinten, hinteres Zahngelenk (Fick). Die beiden anderen sind die einander entsprechenden seitlichen Gelenke.

Von einer einheitlichen Gelenkkapsel für diese vier Gelenke kann wohl kaum gesprochen werden, selbst wenn ihre Gelenkhöhlen, wie es manchmal vorkommt, sämtlich miteinander in Verbindung stehen durch die seitlich am Zahn des Epistropheus befindlichen Schleimbeutel. Die Kapselwände des vorderen und hinteren Zahngelenkes sind sehr zart, die der seitlichen Gelenke sind fester, aber weit und schlaff.

Besondere Einrichtungen. Zahlreich und verschieden geartet sind die Haftbänder; es sind folgende zu unterscheiden:

a) Spitzenband, Ligamentum apicis dentis. Es erstreckt sich vom kranialen Ende des Zahnes zur Mitte des vorderen Randes vom Foramen occipitale magnum. In ihm verlief ursprünglich die Chorda dorsalis zum Schädel; es können Reste derselben erhalten bleiben und sogar zu Wucherungen Anlaß geben. Das Band entspricht dem Mittelteil einer Zwischenwirbelscheibe. Figg. 352, 356.

b) Flügelbänder, Ligamenta alaria. Zwei starke Bänder, welche von dem oberen Teil des Zahnes lateral-aufwärts ziehen und sich an dem medialen Rand der Gelenkhöcker des Occipitale sowie an dem Rand des Foramen occipitale magnum ansetzen. Figg. 355, 356.

c) Kreuzband, Ligamentum cruciatum atlantis. Es besteht aus einem starken queren Schenkel, Atlasquerband, Lig. transversum atlantis, und einem schwächeren longitudinalen Schenkel, welcher ersteren rechtwinklig kreuzt und median verläuft. Das Lig. transversum atlantis ist jederseits an einem Höcker oder einer Vertiefung der Massae laterales befestigt, hinter dem Zahn nach hinten vorgewölbt, in der Mitte verbreitert und daselbst mit einem vorderen Knorpelüberzuge versehen. Von der Mitte erstreckt sich das Crus superius des Längsschenkels zum Occipitale, das Crus inferius zum Körper des Epistropheus. Figg. 350, 352, 355.

d) Deckhaut, Membrana tectoria. Ein breiter fester Faserzug, welcher das Lig. cruciatum hinten deckt, vom Clivus zum Körper des Epistropheus zieht und als oberstes Stück des Lig. longitudinale posterius der Wirbelsäule betrachtet werden kann. Figg. 351, 352.

Außer diesen in den B. N. A. aufgeführten Bändern kann noch eine Anzahl von besonderen Zügen genannt werden: Als mediales Verstärkungsband des seitlichen Gelenkes ein vom Körper des Epistropheus zu den Massae laterales ziehendes Band, Lig. atlantoepistrophicum accessorium (Rauber) oder Lig. collaterale atlanto-axiale mediale (Fick) genannt. Ferner die Membrana atlantoepistrophica anterior zwischen dem vorderen Halbring des Atlas und der vorderen

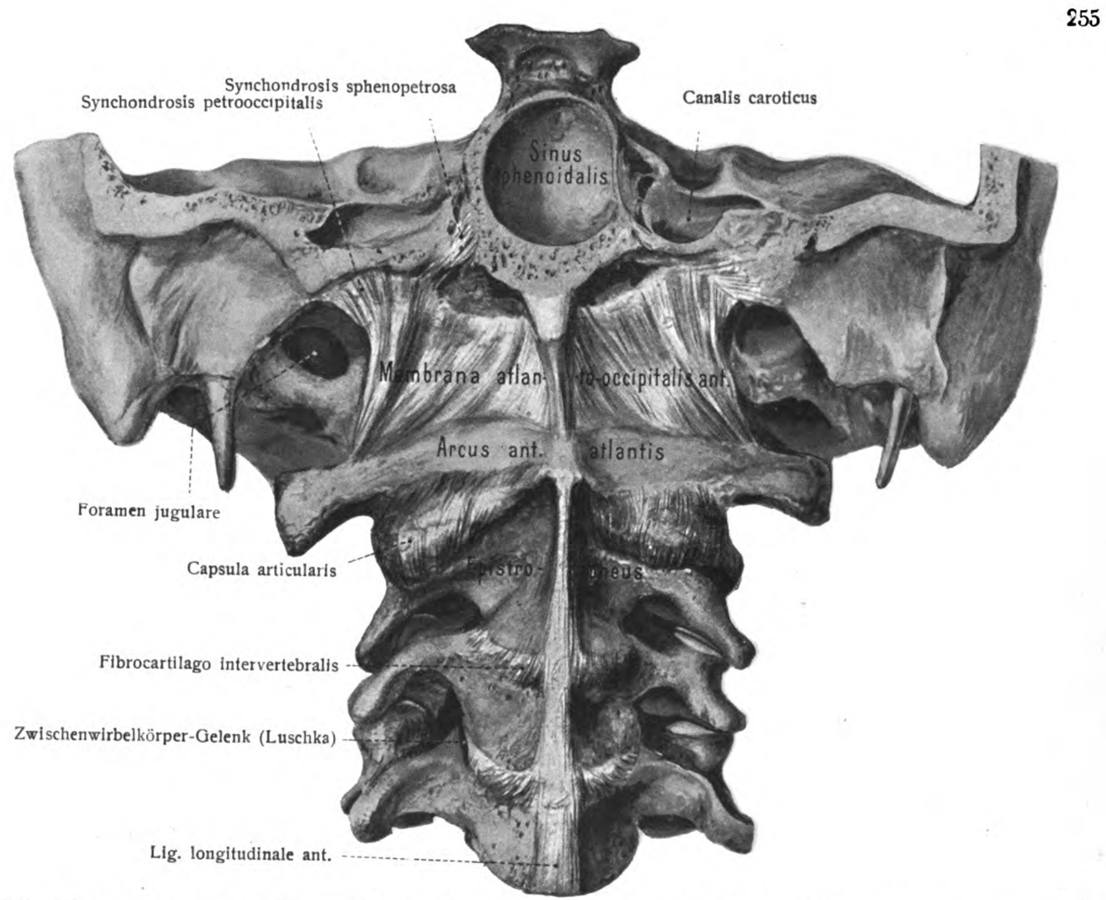


Fig. 353. Gelenke und Bänder zwischen dem Schädel und den oberen Halswirbeln. Von vorn (1/1).

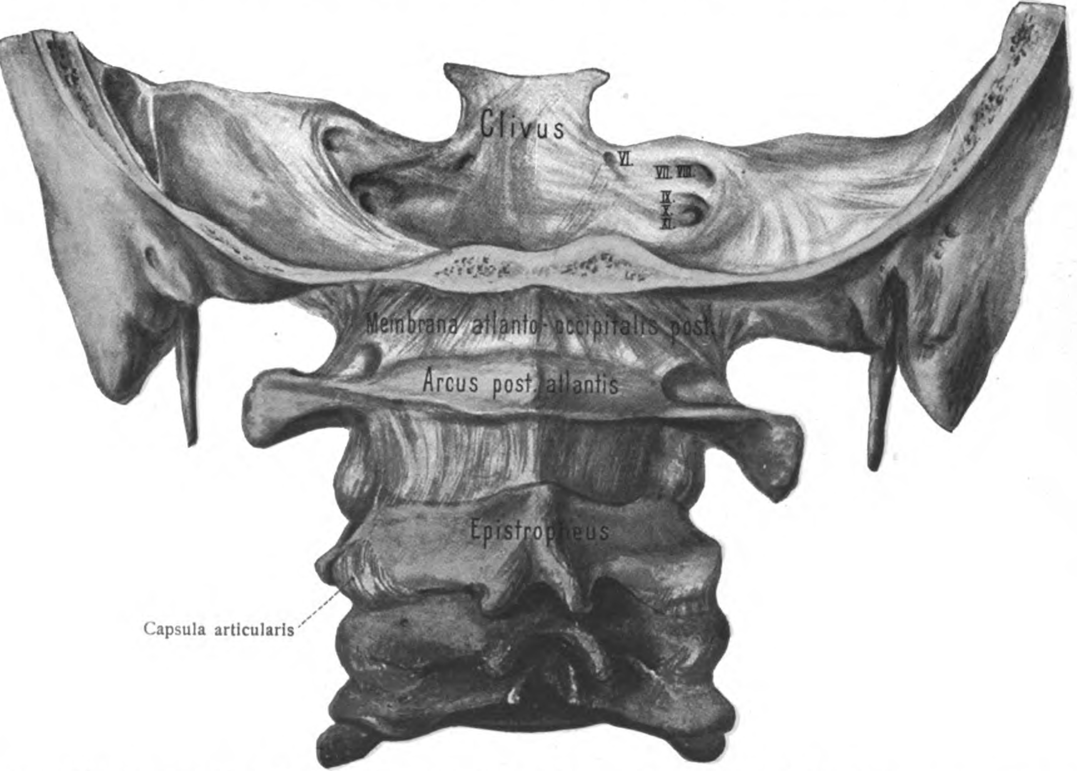


Fig. 354. Gelenke und Bänder zwischen dem Schädel und den oberen Halswirbeln. Von hinten (1/1).

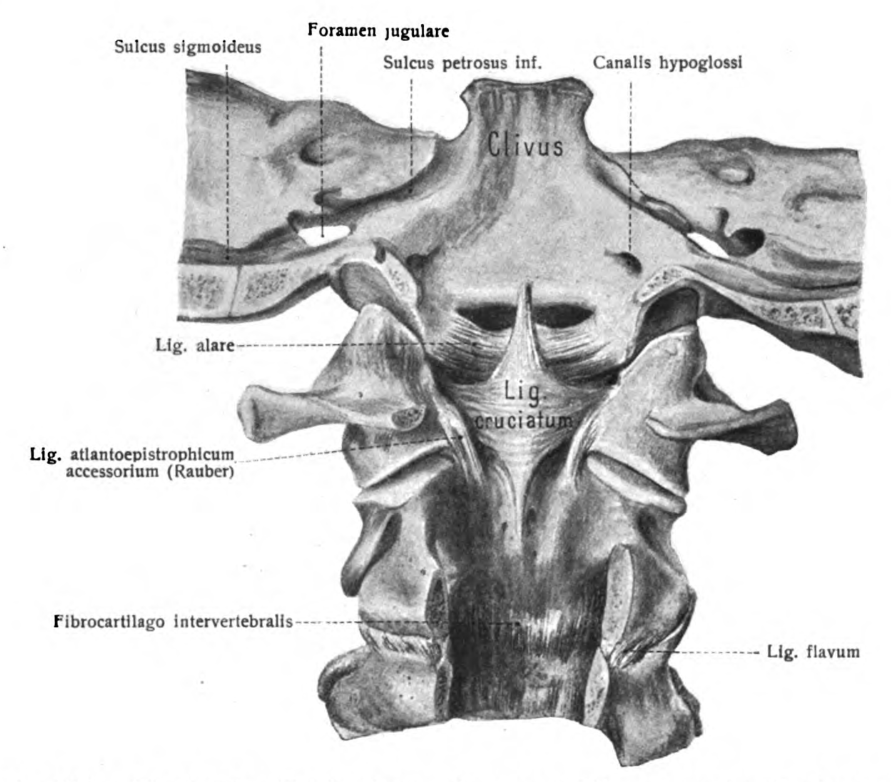


Fig. 355. Bänder des Epistropheuszahnes nach Wegnahme der Membrana tectoria (1/1).

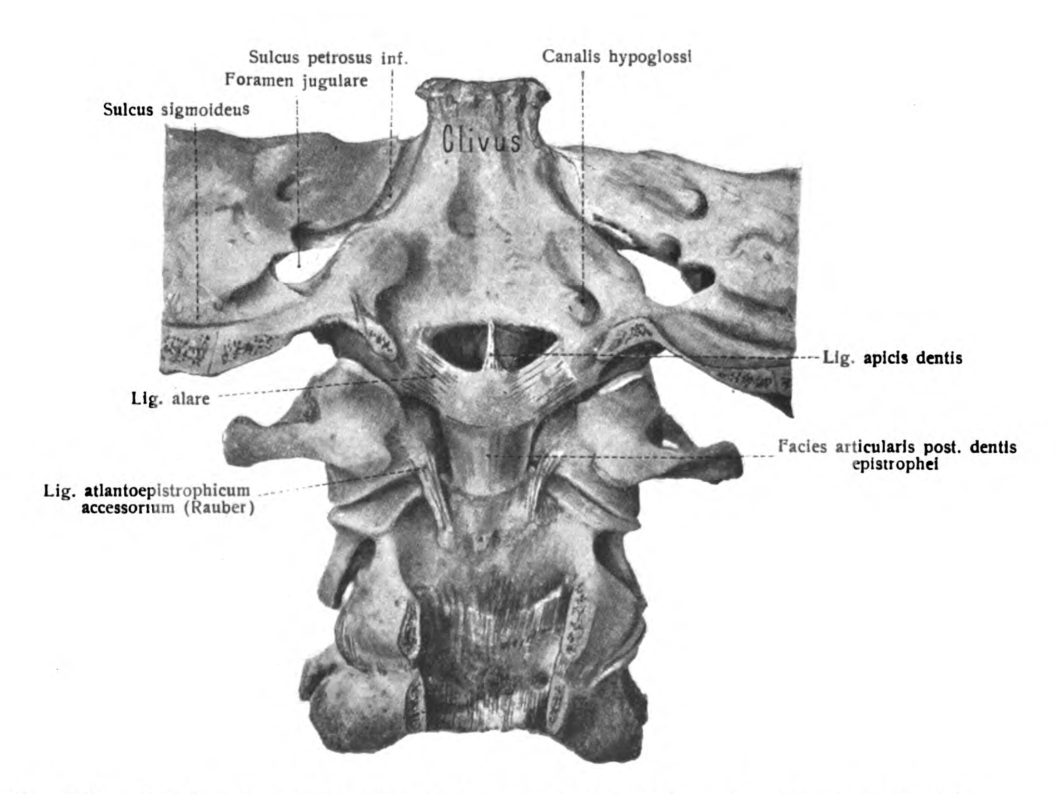


Fig. 356. Bänder des Epistropheuszahnes nach Wegnahme des Kreuzbandes (1/1).

Fläche des Epistropheus, sowie die Membrana atlantoepistrophica posterior zwischen dem hinteren Halbring des Atlas und dem Bogen des Epistropheus. Bei der Einzelbetrachtung der vier im unteren Kopfgelenk vereinigten Gelenke ist folgendes hervorzuheben.

a) Vorderes Zahngelenk, Articulatio dentis anterior (Fick). Die artikulierenden Flächen am Atlas und am Zahn des Epistropheus sind elliptisch umgrenzte Ausschnitte aus einem zylindrischen Körper. Bei der Fovea dentis steht in der großen Mehrzahl der Fälle die lange Axe der Ellipse quer, bei der vorderen Gelenkfläche am Zahn des Epistropheus dagegen vertikal. Der Knorpelüberzug scheint (Fick) meist faserknorplig, nicht rein hyalin zu sein.

Die Gelenkkapsel ist zart und in einer Rinne befestigt; die Gelenkhöhle ragt mit kleinen Aussackungen sowohl nach unten wie nach oben weiter als die Gelenkfläche des Atlas. Seitwärts reicht sie bis dicht an die benachbarten Gelenke, das Atlantooccipitalgelenk, das hintere Zahngelenk und das seitliche Gelenk zwischen Atlas und Epistropheus.

b) Hinteres Zahngelenk, Articulatio dentis posterior (Fick). Von den artikulierenden Flächen ist die Facies articularis posterior vom Zahn des Epistropheus sehr verschieden gestaltet. Sie ist quer- oder längsoval, rundlich, sogar rinnenförmig. Sie liegt am unteren Teil des Zahnes; ihre Krümmung ist meist sattelförmig; die Konvexität verläuft von links nach rechts, die Konkavität von oben nach unten. Der Überzug ist Faserknorpel (0,3—1 mm dick). Die Gelenkfläche am Lig. transversum atlantis entspricht nach Fick in Größe, Form und histologischer Beschaffenheit der eben geschilderten hinteren Gelenkfläche des Epistropheuszahnes.

Die Gelenkkapsel ist sehr zart. Sie ist dicht am Knorpelrand der Gelenkfläche des Zahns befestigt, geht aber am Ligamentum transversum atlantis über in die Wand der links und rechts vom Zahn befindlichen Schleimbeutel, welche mit dem vorderen Zahngelenk und den seitlichen Gelenken zusammenhängen können. (Fick.)

c) Die seitlichen Atlas-Epistropheus-Gelenke. Die artikulierenden Flächen passen nicht aufeinander. Sie sind annähernd als Abschnitte eines Kegels zu betrachten, dessen Axe senkrecht durch den Zahn des Epistropheus geht. Der Knorpelüberzug ist $^1/_2$ – 2 mm dick. Die Gelenkkapsel ist sehr weit und schlaff. Sie ist nur vorn medial dicht am Knorpelrand befestigt, an allen anderen Stellen entspringt sie in größerer Entfernung. Als Verstärkungsband ist schon oben das Lig. atlanto-epistrophicum accessorium genannt. Vorn liegt der M. longus capitis dicht der Gelenkkapsel auf.

Mechanik der cranio-vertebralen Verbindungen.

1. Das obere Kopfgelenk.

Die Gelenkflächen der beiden anatomisch getrennten Gelenke sind, wie schon oben gesagt wurde, Oberflächenstücke eines und desselben ellipsoidischen, mit der langen Axe transversal liegenden Rotationskörpers; sie bilden in mechanischem Sinne nur ein Gelenk. Der Form nach ist es ein Ellipsoidgelenk, in dem Bewegungen um unendlich viele Axen möglich sind. Wir untersuchen zwei Hauptbewegungen, die Nickbewegungen (Anteflexion und Retroflexion) um eine quere, etwa in Höhe des Tuberculum jugulare liegende Axe und die Seitbeugung um die in der Medianebene befindliche, höher gelegene sagittale Nebenaxe, die schräg von oben vorn nach hinten unten verläuft.

2. Das untere Kopfgelenk.

Es ist ein Drehgelenk mit einer Axe, die senkrecht durch die Mitte des Zahnes des Epistropheus verläuft. In ihm geht hauptsächlich die „Kreiselung des Kopfes" vor sich, doch nimmt das Gelenk auch in geringem Maße teil sowohl an den Nickbewegungen wie an den Seitbewegungen des Kopfes.

Die acht diesem Gelenk zugehörigen Gelenkflächen sind die beiden seitlichen des Epistropheus, die vordere und hintere des Dens sowie die entsprechenden des Atlas und des Lig. transversum atlantis. Sie alle bilden im mechanischen Sinn ein Gelenk, und zwar ein kegelförmiges mit zur Axe konvexer Erzeugungslinie.

Der Umfang der Kreiselung beträgt 30° von der Mittelstellung aus nach jeder Seite.

Die Berührungsflächen in beiden seitlichen Gelenken sind beide konvex, so daß sie in der Mittellage vorn und hinten klaffen. Hieraus ergibt sich, daß bei der Drehung zugleich eine Schraubenbewegung stattfinden muß (Henke, R. Fick). Der Schraubengang ist ziemlich steil (etwa 3 cm), so daß bei 30° Drehung zugleich Hebung oder Senkung des Kopfes um $^1/_{12}$ = 2,5 mm eintritt. Der Atlas spielt bei der Drehung des Kopfes um die Vertikale die Rolle eines Meniscus des Schädels. Der Inhalt des Wirbelkanals wird vor dem Dens durch die ihn umgebenden Bänder

geschützt, insbesondere durch die Ligg. alaria, das Lig. transversum atlantis und die Membrana tectoria.

Die Größe der sagittal-flexorischen Bewegung beträgt in einem von H. Virchow (Arch. Anat. Phys. 1909. Anat. Abt.) untersuchten Falle 28°. Davon kommen 20,5° auf das obere, 7,5° auf das untere Kopfgelenk. Nach Hultkrantz (K. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar Bd. 49. 1912) beträgt die Größe der sagittalflexorischen Bewegung im oberen Kopfgelenk 18,9°, im unteren 12,2°, die seitliche Beweglichkeit im oberen Gelenk 7,5°, im unteren 3,8°.

III. Bänder der Rippen und des Brustbeines. Figg. 357—361, 365.

Die Verbindungen der Rippen werden unterschieden als Articulationes costovertebrales und sternocostales. Die costovertebralen sind a) die Articulationes capitulorum (Verbindung mit dem Wirbelkörper), b) die Articulationes costotransversariae (Verbindung mit dem Querfortsatz). Die Articulationes sternocostales sind die Verbindungen mit dem Brustbein.

Dazu kommen noch die Verbindungen der knöchernen Rippen mit den dazu gehörigen Knorpeln und die Verbindungen zwischen den Knorpeln der unteren Rippen, Articulationes interchondrales.

1. Articulationes capitulorum. Figg. 357, 358, 361.

Die artikulierenden Flächen sind die Foveae costales der Brustwirbelkörper und die Facies articularis capituli costae. Sie sind mit Faserknorpel (0,5 bis 1 mm dick) bedeckt. Die Gelenkkapsel ist dünn und dicht an den Rändern der Gelenkflächen befestigt.

Besondere Einrichtungen sind an der zweiten bis zehnten Rippe das faserknorpelige Ligamentum capituli costae interarticulare, welches von der horizontal stehenden Crista capituli costae zur Zwischenwirbelscheibe verläuft und den Gelenkraum in zwei Kammern scheidet. — Hier liegen also zweikammerige Gelenke vor.

Die vordere Fläche der Gelenkkapsel wird gedeckt und verstärkt durch ein strahliges fibröses Hilfsband, Ligamentum capituli costae radiatum, welches vom Rippenköpfchen entspringt und mit auseinander weichenden Fasern teils am oberen und unteren Wirbel, teils an der Zwischenwirbelscheibe sich befestigt. Fig. 361.

2. Articulationes costotransversariae. Figg. 357, 358, 360.

Die artikulierenden Flächen der oberen zehn Rippen sind die Facies articularis tuberculi costae und die Fovea costalis transversalis, welche mit einer 0,3—1,3 mm dicken Lage hyalinen Knorpels überzogen sind. Die Gelenkkapsel ist dünn und setzt dicht am Rand der Gelenkflächen an.

Besondere Einrichtungen sind in Gestalt zahlreicher Bänder vorhanden. Als solche sind zuerst zu erwähnen die kurzen, starken Ligamenta tuberculi costae, welche in fast querer Richtung von der Spitze des Querfortsatzes zum Rippenhöcker ziehen und die hintere Fläche der Gelenkkapsel decken. Weiter gewähren Verstärkung die Ligamenta costotransversaria anteriora, costotransversaria posteriora und Ligg. colli costae. Letztere bestehen aus kurzen starken Faserbündeln, welche den Rippenhals mit dem dazu gehörigen Querfortsatz verbinden. Zwischen dem Lig. colli costae, dem Querfortsatz und dem Rippen-

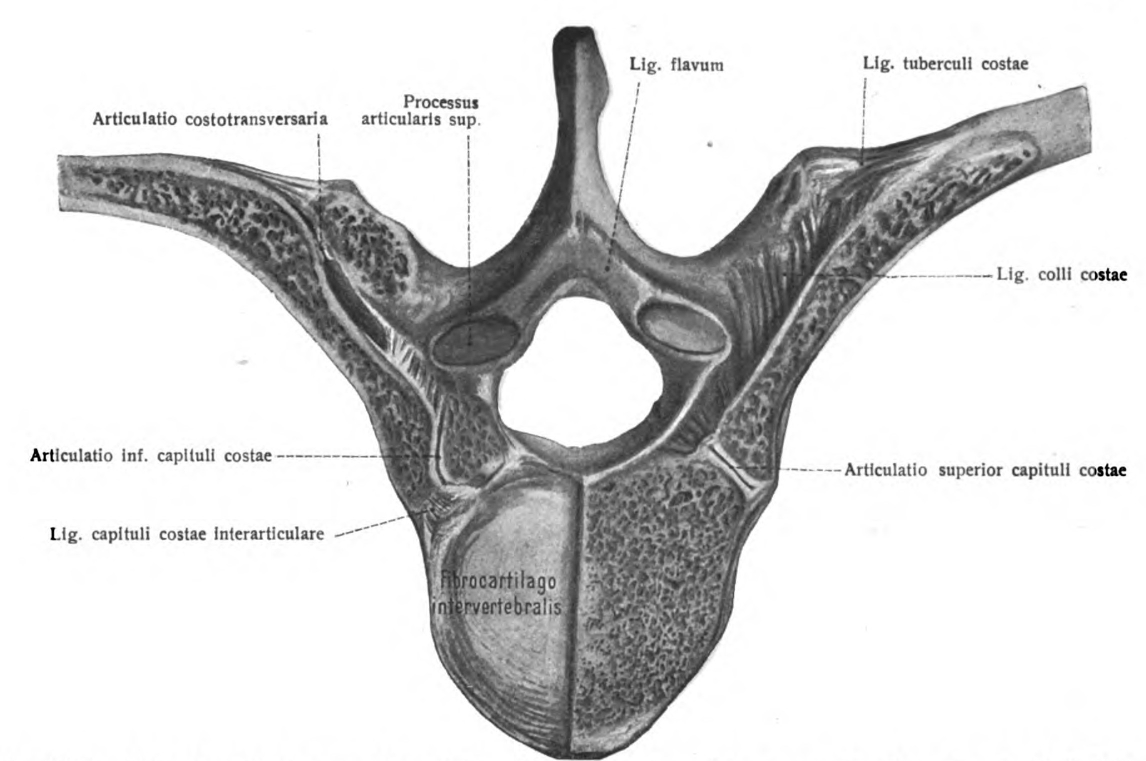


Fig. 357. Gelenkverbindungen der achten Rippe mit dem siebenten und achten Brustwirbel ($^{6}/_{5}$) (von oben).

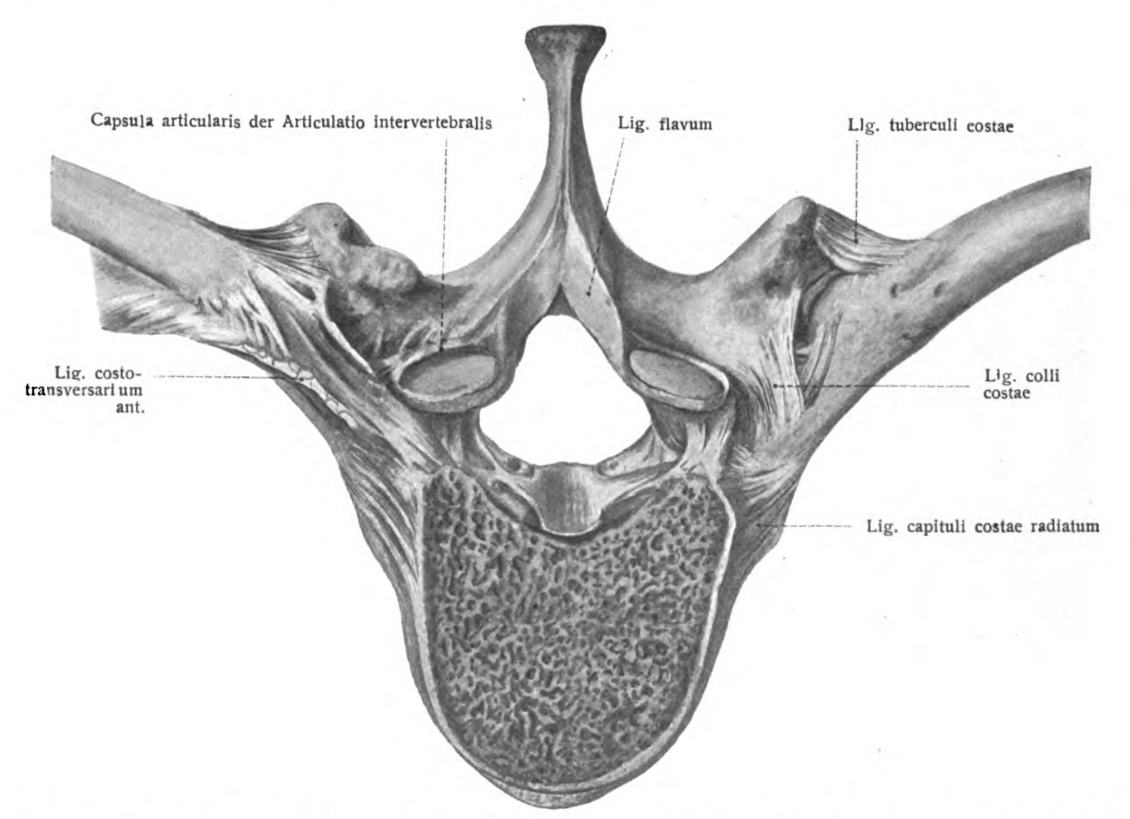


Fig. 358. Gelenkverbindungen der neunten Rippe mit dem achten und neunten Brustwirbel ($^{6}/_{5}$) (von oben).

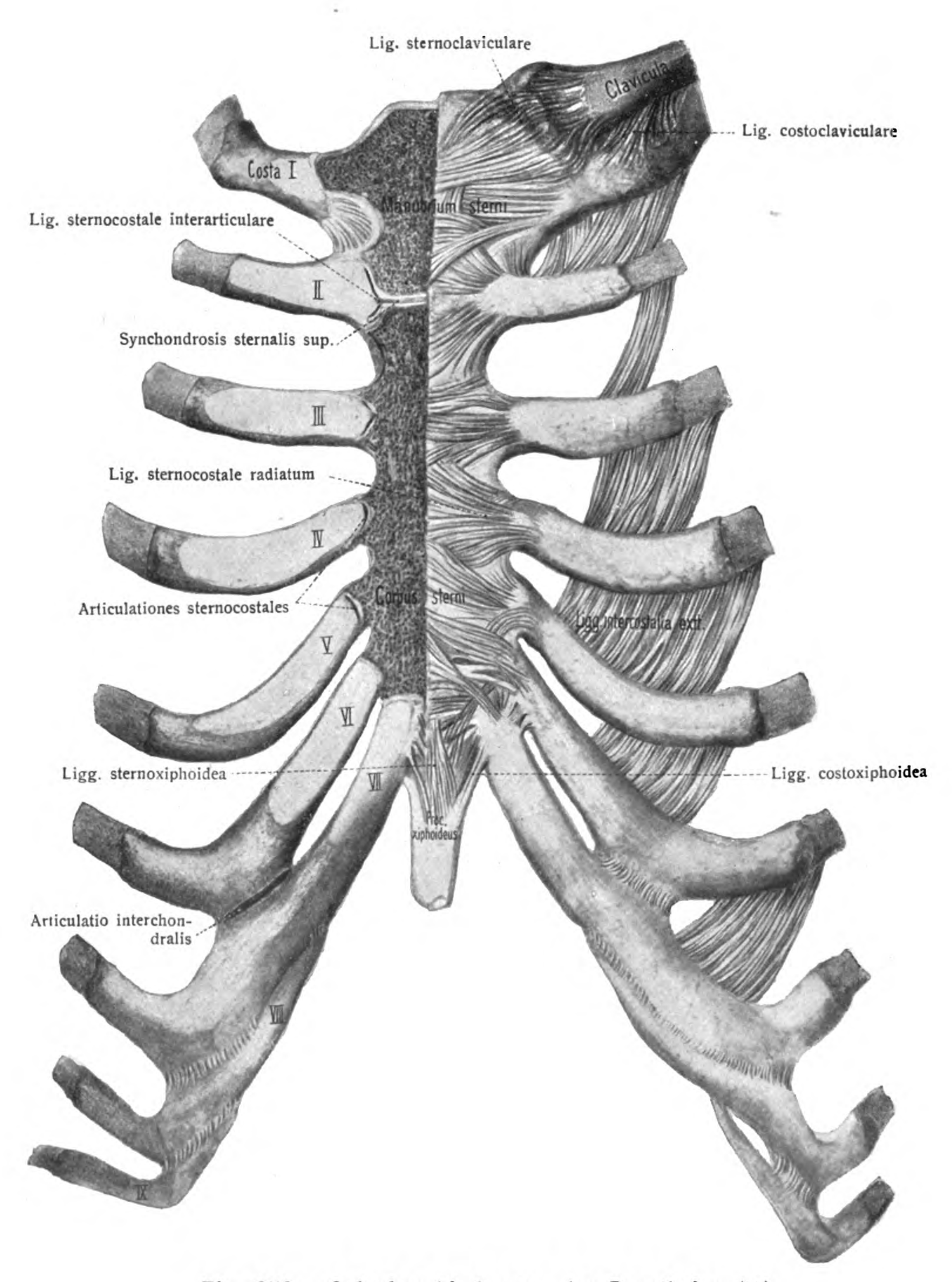


Fig. 359. Gelenkverbindungen des Brustbeins (1/2).

hals bleibt eine morphologisch wichtige Lücke frei, das Foramen costotransversarium, welches dem Foramen transversarium der Halswirbel entspricht.

Die Ligg. costotransversaria anteriora entspringen breit vom oberen Rand des Rippenhalses und ziehen kranialwärts zum kaudalen Rand des darüber gelegenen Querfortsatzes. Weit schwächer sind die posteriora desselben Namens, welche von der hinteren Fläche des Rippenhalses zur Wurzel des darüberliegenden Querfortsatzes und Gelenkfortsatzes verlaufen.

3. Articulationes sternocostales. Figg. 359, 365.

Die artikulierenden Flächen sind die ventralen Enden der sieben oberen Rippenknorpel und die Incisurae costales des Brustbeins. Letztere sind mit einem oft dicken Überzug von hyalinem Knorpel versehen. Als Gelenkkapsel dient das von den Rippenknorpeln ausgehende, in das Periost des Brustbeins übergehende Perichondrium (Fick). Eine enge spaltförmige Gelenkhöhle ist meist nur an der zweiten bis fünften Rippe vorhanden, denn der Knorpel der ersten Rippe verbindet sich fast beständig, die Knorpel der sechsten und siebenten Rippe, häufig unter Bildung von Synchondrosen, unmittelbar mit dem Brustbein.

Von besonderen Einrichtungen ist das Lig. sternocostale interarticulare (Figg. 359, 365) zu nennen, welches als faserknorplige Platte am zweiten Sternocostalgelenk fast konstant, an dem dritten Gelenk nur in $^1/_5$ der Fälle, am vierten Gelenk nur in $^1/_{10}$ der Fälle, an den anderen noch seltener vorkommt, (M. Tschaussow, Anat. Anz. 1891) und die Gelenkhöhle in zwei ungleiche Räume trennt. Als Verstärkungsbänder sind zu nennen die Ligg. sternocostalia radiata, welche strahlig vom Knorpelende über die ventrale Fläche des Brustbeines hinweg verlaufen, wo sie sich mit den darüber und darunter gelegenen Fasern sowie mit denjenigen der anderen Seite durchkreuzen und verflechten. Sie bilden auf diese Weise die Membrana sterni.

Man kann sie als Membrana sterni anterior gegenüberstellen der auf der dorsalen Brustbeinfläche befindlichen Membrana sterni posterior, welche in ähnlicher Weise zusammengesetzt ist.

Vom Knorpel der sechsten und siebenten Rippe ziehen entsprechende Verstärkungszüge, Ligamenta costoxiphoidea, zum Schwertfortsatz medianabwärts. Sie werden vervollständigt durch Züge, welche vom Brustbeinkörper zum Schwertfortsatz verlaufen: Ligamenta sternoxiphoidea.

4. Articulationes interchondrales. Fig. 359.

Die einander entgegenragenden Processus articulares superiores et inferiores (Rauber) des fünften oder sechsten bis neunten Rippenknorpels sind durch Gelenkkapseln vereinigt, welche durch das über die Spalten wegziehende Perichondrium gebildet werden.

5. Synarthroses costochondrales (Fick)

sind die Verbindungen zwischen den knöchernen Rippen mit ihren Knorpeln. An der Vereinigungsstelle ist bei Erwachsenen der Knorpel verkalkt. Zwischen den benachbarten Rippen sind ausgespannt die Ligg. intercostalia. Figg. 359, 360. Man unterscheidet Ligamenta intercostalia externa und interna. Die äußeren sind im letzten oder in den zwei unteren (manchmal auch im ersten)

Interkostalräumen nicht vorhanden, liegen in der Fortsetzung der Musculi intercostales externi und erstrecken sich in wechselnder Weise bis zum Sternalrand. Ihres Glanzes wegen heißen sie auch Ligg. corruscantia. Die inneren decken als ebenfalls platte, aber unbeständige Streifen vorderer Abschnitte der Musculi intercostales interni.

In dieselbe Reihe gehören auch jene kurzen straffen Bandmassen, welche die sich aneinander legenden zugespitzten vorderen Enden des siebenten bis zehnten Rippenknorpels vereinigen.

Zu den Ligg. intercostalia ist endlich eine häutige Ausbreitung zu rechnen, welche von den letzten Rippen zu den Spitzen der Querfortsätze der Lendenwirbel ausgespannt ist. Von den Querfortsätzen strahlen radiäre Züge in die Membran aus. Sie führt den Namen Ligamentum lumbocostale.

Verbindungen der Teile des Sternum. Figg. 359, 365.

Synchondrosis sternalis (superior). Die einander zugewendeten Endflächen des Manubrium und Corpus sterni sind beim Erwachsenen mit hyalinen Knorpelschichten überkleidet, welche eine weichere, faserknorpelige intermediäre Schicht zwischen sich fassen und mit letzterer eine Dicke bis 6 mm erreichen. In dem Faserknorpel kann eine spaltförmige Gelenkhöhle sich ausbilden. Synostose ist seltener.

Synchondrosis sternalis inferior. Eine der vorausgehenden ähnliche faserknorpelige Verbindung ist zwischen dem Corpus sterni und Processus xiphoideus vorhanden. Im höheren Alter synostosieren beide Teile.

Mechanik des Brustkorbes.

Die Bewegungen der Rippen, welche der Respiration dienen, bestehen in Hebung und Senkung. Bei der Hebung strecken sich zugleich die Rippenknorpel, wodurch das Brustbein nach vorn bewegt wird. Beides (Hebung der Rippen und Vorwärtsbewegung des Brustbeins) erweitert den Brustkorb.

Die Rippenhebung erfolgt durch Drehung der Rippen um eine Axe, welche gemeinsam ist für die Artt. capituli und costotransversaria. Diese beiden Gelenke stellen hiernach ein kombiniertes Gelenk dar; sie bilden im mechanischen Sinne zusammen das eine Drehgelenk des hinteren Rippenendes. Die Axe entspricht (R. Fick) der Längsaxe des Rippenhalses und ist nach hinten und lateralwärts gerichtet. Daß bei der Kleinheit der betreffenden Gelenkflächen der Ausschlag am vorderen Rippenende so groß ist, wird durch die große Länge der Rippe bewirkt, indem den kleinen Bewegungen des Halses und Köpfchens große Exkursionen des vorderen Endes entsprechen.

Bei dieser Bewegung erfolgt zugleich eine Verdrehung des Rippenknorpels gegen das Brustbein um eine frontale Axe.

Die elfte und zwölfte Rippe können sich auch etwas nach hinten bewegen.

IV. Bänder des Schädels.

Am Schädel des Erwachsenen sind eine Anzahl von Synchondrosen, eine große Menge von Syndesmosen und ein bewegliches Gelenk, das Kiefergelenk, vorhanden.

1. Synchondroses cranii.

a) Die Synchondrosis sphenooccipitalis ist die Verbindung zwischen der Pars basilaris des Hinterhauptbeines und dem Körper des Keilbeines. Sie wandelt sich ungefähr im 20. Lebensjahre um in eine Synostose.

b) Die Synchondrosis sphenopetrosa füllt die Fissura sphenopetrosa aus.

c) Die Synchondrosis petrooccipitalis befindet sich in der Fissura petrooccipitalis; sie bildet den Boden des Sinus petrosus inferior.

d) Die Synchondrosis intraoccipitalis posterior und

e) die Synchondrosis intraoccipitalis anterior des jugendlichen Hinterhauptbeins trennen die Partes laterales vorn von der Pars basilaris, hinten von der Squama occipitalis. Sie verknöchern nach dem zweiten Lebensjahre und werden zu Synostosen.

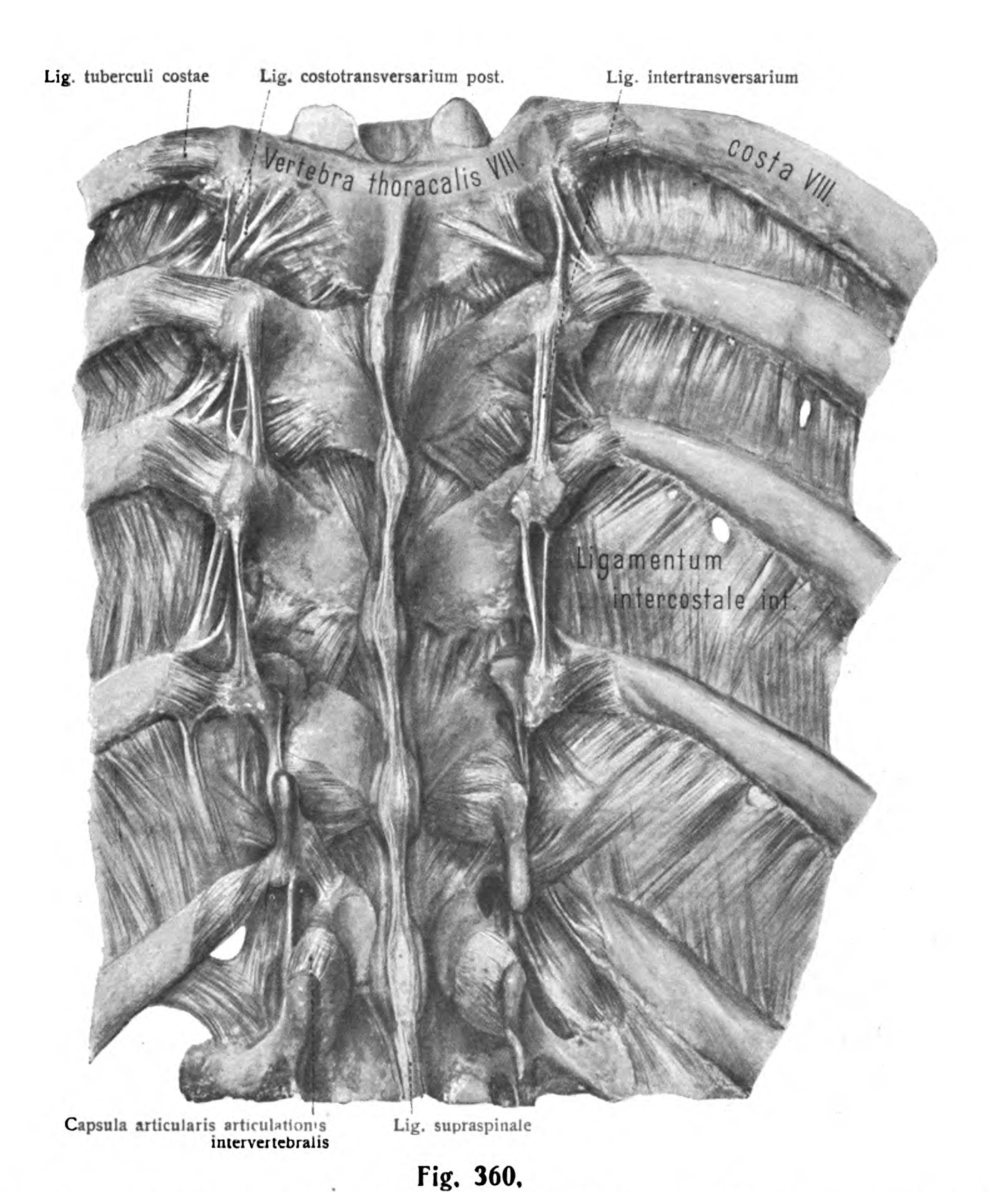


Fig. 360.

Bänder zwischen benachbarten Wirbeln und zwischen Wirbeln und Rippen, von hinten ($^4/_5$).
Brustwirbel VIII–XII, Lendenwirbel I. Rippen VIII–XII,

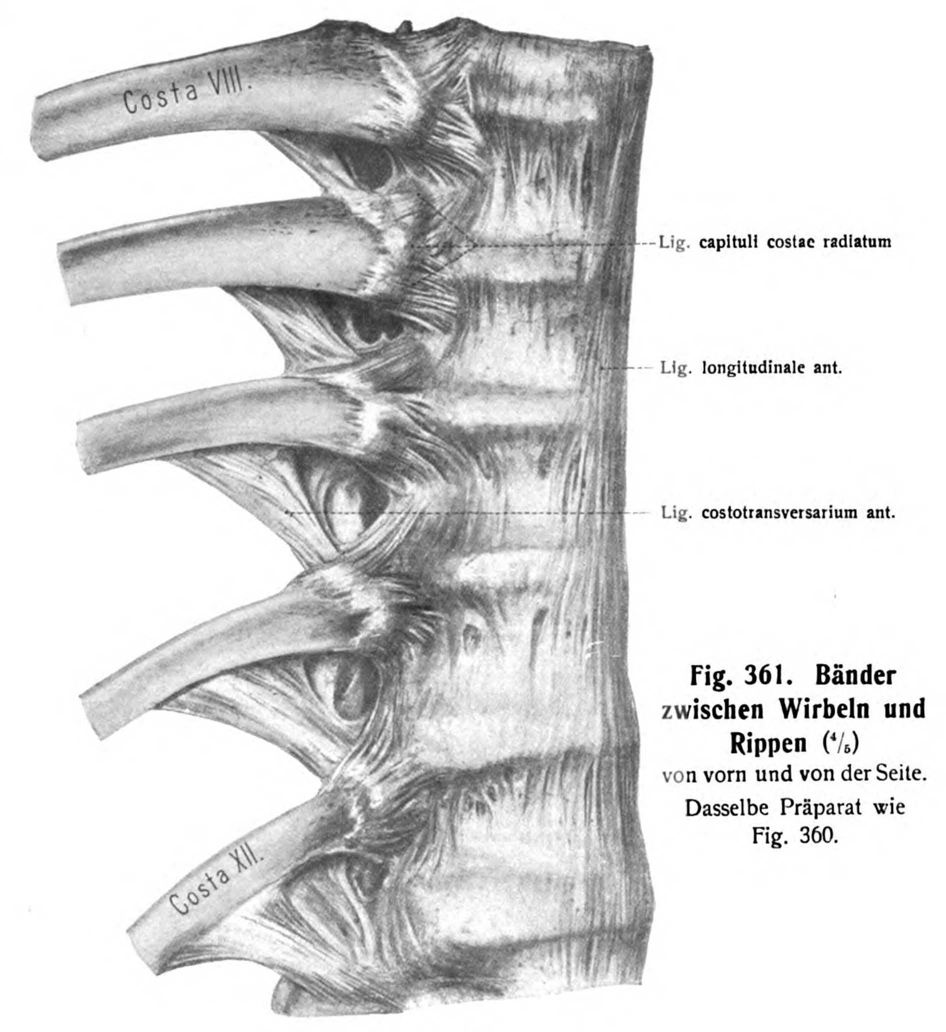


Fig. 361. Bänder zwischen Wirbeln und Rippen (4/5)
von vorn und von der Seite.
Dasselbe Präparat wie Fig. 360.

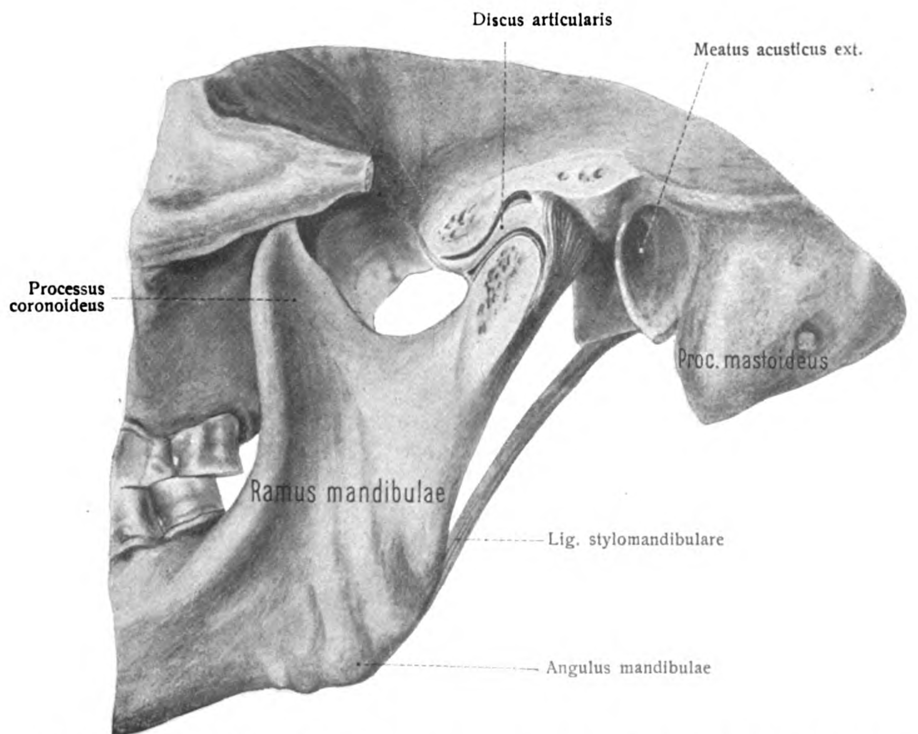


Fig. 362. Kiefergelenk, Articulatio mandibularis. Sagittalschnitt durch das Gelenk (1/1).

f) Die Synchondrosis intersphenoidalis ist nur beim Fetus bis zum Ende des siebenten Monats vorhanden. Sie verläuft in der Gegend des Tuberculum sellae quer durch den Körper des Knochens.

2. Syndesmoses cranii.

Als Syndesmosen des Schädels sind zunächst alle Nahtverbindungen der einzelnen Schädelknochen zu bezeichnen. Dazu kommen noch eine Anzahl von längeren oder kürzeren, strangförmigen oder platten Faserzügen, welche zwischen unbeweglich verbundenen Knochen oder zwischen Hervorragungen eines und desselben Knochens verlaufen. Sie dienen zur Ergänzung von Löchern und Kanälen, in welchen Gefäße und Nerven verlaufen. So liegt ein Haftband zwischen den Spitzen der Processus intrajugulares des Schläfen- und des Hinterhauptbeines; ein anderes zwischen den Spitzen der Incisura supraorbitalis. Hierher gehören ferner das Lig. pterygospinosum sowie die Verbindungen zwischen den Processus clinoidei des Os sphenoidale und andere. An Stelle dieser Bänder findet man öfter oder seltener auch Knochenbrücken.

3. Das Kiefergelenk, Articulatio mandibularis. Figg. 362—364.

Die artikulierenden Knochen sind das Schläfenbein und der Unterkiefer.

Die artikulierenden Flächen sind die Fossa mandibularis und das Tuberculum articulare des Schläfenbeins sowie das Capitulum mandibulae.

Die Fossa mandibularis ist eine längliche Grube, deren quere Axe median- und rückwärts gerichtet ist. Die Verlängerungen der Axen beider Seiten treffen sich ungefähr im Vorderrand des Foramen occipitale magnum. Die tiefste Stelle der Gelenkgrube ist oft sehr dünn und durchscheinend, die vordere Wand wird vom Tuberculum articulare, die hintere Wand von dem sehr variablen Tuberculum tympanicum gebildet. Das Tuberculum articulare ist von vorn nach hinten konvex, in transversaler Richtung konkav, also sattelförmig. Die Richtung seiner queren Axe entspricht der Axe der Gelenkpfanne. Die Oberfläche von Pfanne und Tuberculum ist von Faserknorpel überzogen.

Das Capitulum mandibulae ist länglich ellipsoidisch. Die quere längere Axe verläuft ebenso wie die Axen der Fossa mandibularis und des Tuberculum articulare schräg nach median- und rückwärts. Die Axen bilden einen nach vorn offenen stumpfen Winkel von 150—160° (Fick). Die Gelenkfläche ist nicht genau nach oben, sondern nach vorn und oben gerichtet. Nur ihr vorderer Teil dient zur Artikulation und besitzt einen 0,5 mm dicken Überzug von Faserknorpel, während der hintere, schräg abfallende Teil der Gelenkfläche nur von einer straffen Bindegewebsschicht überzogen ist.

Die Gelenkkapsel ist ein schlaffer Sack. Sie ist beim Schläfenbein befestigt vorn dicht am vorderen Rand des Tuberculum articulare, seitlich dicht am Rande der Gelenkflächen, medianwärts reicht sie bis zur Sutura sphenosquamosa, hinten bis an die Fissura petrotympanica (Glaseri) derart, daß das Tuberculum tympanicum im Inneren der Gelenkhöhle liegt. Am Unterkiefer ist sie vorn dicht am Rand der Gelenkfläche, hinten 5 mm weit vom Rand der Gelenkfläche entfernt befestigt. Der vordere Teil der Kapsel ist dünn, der hintere dick. Die Faserrichtung konvergiert vom Schläfenbein zum Unterkiefer.

Besondere Einrichtungen sind: 1. der Discus articularis, eine aus straffem Bindegewebe bestehende welliggebogene Scheibe, welche an den Rändern am dicksten (3—4 mm), in der Mitte am dünnsten (1—2 mm) ist. Sie trennt die Gelenkhöhle in zwei vollkommen getrennte Kammern und wird beim Vorwärtsschieben des Köpfchens mitgenommen, stellt also gewissermaßen eine transportable Gelenkpfanne dar.

2. Von Verstärkungsbändern sind ein äußeres und zwei innere vorhanden. Das Lig. temporomandibulare entspringt von der Außenfläche des Jochbogens und setzt sich am Hals des Unterkiefers fest. Das Lig. sphenomandibulare zieht von der Spina angularis des Keilbeins teilweise zum Unterkieferhals, vor allem zur Lingula mandibulae. Das Lig. stylomandibulare entspringt vom Processus styloideus und setzt sich am hinteren Rand des Unterkieferastes nahe dem Angulus fest.

Mechanik des Kiefergelenkes. Die im Kiefergelenk ausführbaren Bewegungen sind dreierlei Art.

1. Bewegungen um eine Queraxe, welche durch die Köpfchen des Unterkiefers geht: Auf- und Abwärtsbewegung oder Öffnungs- und Schließungsbewegung. Sie stellt eine Ginglymusbewegung dar. Diese Ginglymusbewegung geschieht in dem Discus, welcher gegen die temporale Gelenkfläche seine eigene Beweglichkeit hat, indem er auf der schiefen Ebene des Tuberculum articulare hin- und herrutscht. Auf- und Abwärtsbewegungen des Unterkiefers können in den verschiedensten Stellungen des Discus ausgeführt werden.

2. Zweiseitiges (symmetrisches) Vorschieben des Unterkiefers. Das Gelenk erscheint in dieser Hinsicht als ein Schiebegelenk. Die Köpfchen treten dabei mit dem Discus auf das Tuberculum articulare.

3. Einseitiges Vorschieben. Der eine Condylus tritt auf das Tuberculum articulare, der andere bleibt in der Pfanne und dreht sich innerhalb derselben um eine vertikale Axe.

Die Gefäße und Nerven des Kiefergelenkes stammen aus benachbarten größeren Stämmen. Die Gefäße von den Vasa temporalia media, temporalia proff. posteriora, tympanica anterior, meningea media. Ferner noch von den Vasa palatina und pharyngea ascendentia und auricularis posterior. Die Nerven kommen vom N. massetericus und von den Rami auriculares antt. des N. auriculo-temporalis. Die Lymphgefäße führen zu den oberflächlichen und tiefen Lymphknoten des Gesichts.

4. Bänder des Zungenbeines.

Das große Horn des Zungenbeines ist mit dessen Körper durch Synchondrose, das kleine durch eine Kapselmembran verbunden (Ligg. interhyoidea). Das Lig. stylohyoideum zieht zum Zungenbein herab und begibt sich zum kleinen Horn.

V. Bänder der oberen Extremität.

1. Schultergürtelverbindungen.

Der Schultergürtel steht mit dem Rumpfskelet nur an einer Stelle in Gelenkverbindung, nämlich durch die Articulatio sternoclavicularis mit dem Thorax. Das laterale Ende des Schlüsselbeins geht mit dem Schulterblatte Verbindungen ein. Man unterscheidet ferner eigene Bänder des Schulterblattes.

a) Eigene Bänder des Schulterblattes, Ligg. cinguli extremitatis superioris, sind das Lig. transversum scapulae superius und inferius sowie das Lig. coracoacromiale.

α) Das Lig. transversum scapulae superius überbrückt die Incisura scapulae und verwandelt sie dadurch in ein Loch, durch welches der N. suprascapularis hindurchzieht, während die A. und Vena transversa scapulae meist über dem Band verlaufen. Das Band kann auch verknöchern. Figg. 366, 369, 370.

β) Das Ligamentum transversum scapulae inferius überbrückt mit platten Bündeln die zwischen der Fossa supra- und infraspinata gelegene Rinne des Collum scapulae. Fig. 371.

γ) Das Ligamentum coracoacromiale ist ein breites mächtiges Band, das sich vom vorderen Rand des Acromion zum Processus coracoideus ausspannt. Figg. 368, 369.

Es schützt das Schultergelenk von oben und hindert im Verein mit der unteren Kapselwand des Schultergelenkes die Erhebung des Armes über die Horizontale.

b) Verbindung des Schultergürtels mit dem Rumpf: Articulatio sternoclavicularis. Fig. 365.

Die artikulierenden Knochen sind Sternum und Clavicula.



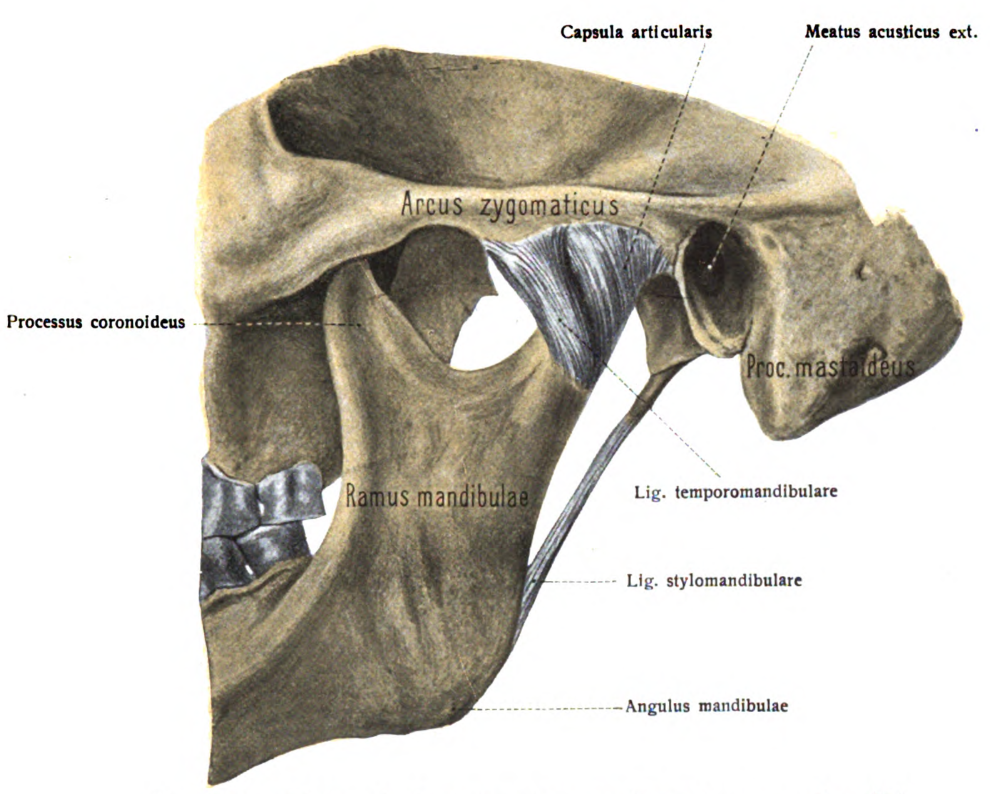


Fig. 363. Kiefergelenk, Articulatio mandibularis, von außen (1/1).

Meatus acusticus int.
Spina angularis
Lig. pterygo-spinosum
Foramen pterygospinosum
Lamina lateralis } processus pterygoidei
Lamina medialis
Canalis caroticus
Sinus sphenoidalis
Concha med.
Concha inf.
Proc. mastoideus
Processus styloideus
Lig. sphenomandibulare
Lig. stylomandibulare
Angulus mandibulae

Fig. 364.
Kiefergelenk, Articulatio mandibularis,
Lig. pterygospinosum (1/1),
von innen.

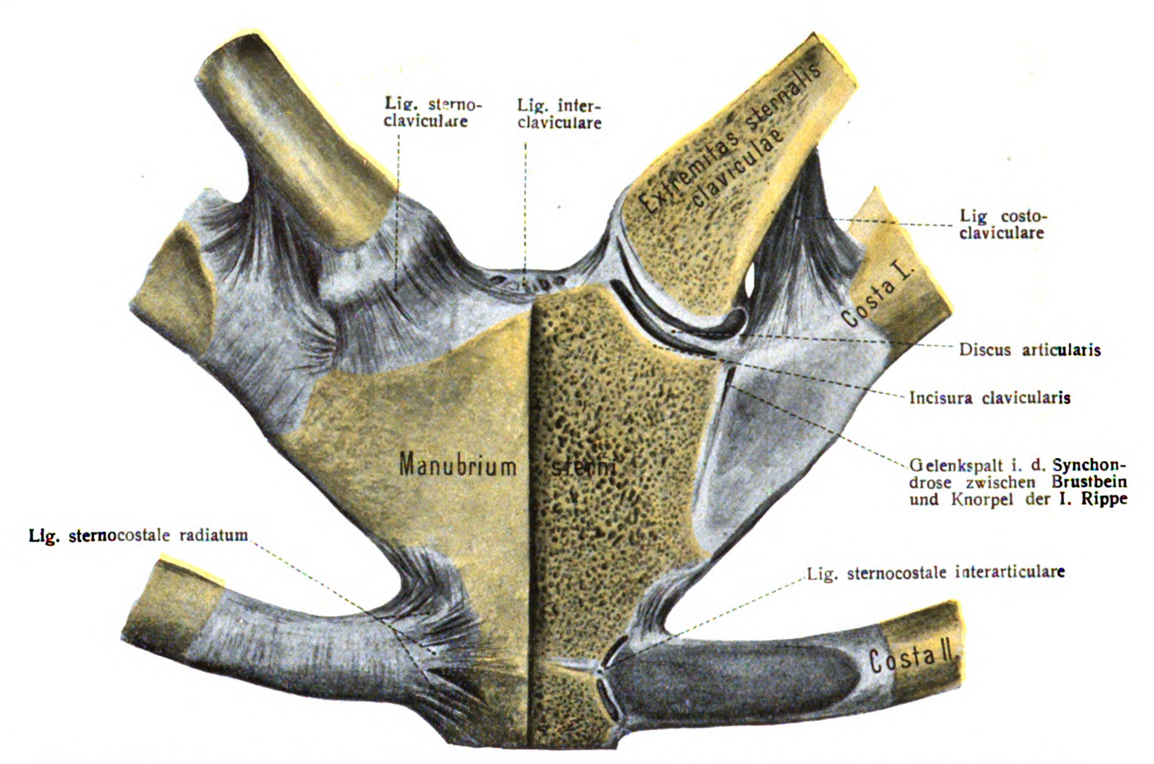


Fig. 365. Bänder zwischen Schlüsselbein, Brustbein und erster Rippe, von vorn ($^1/_1$).

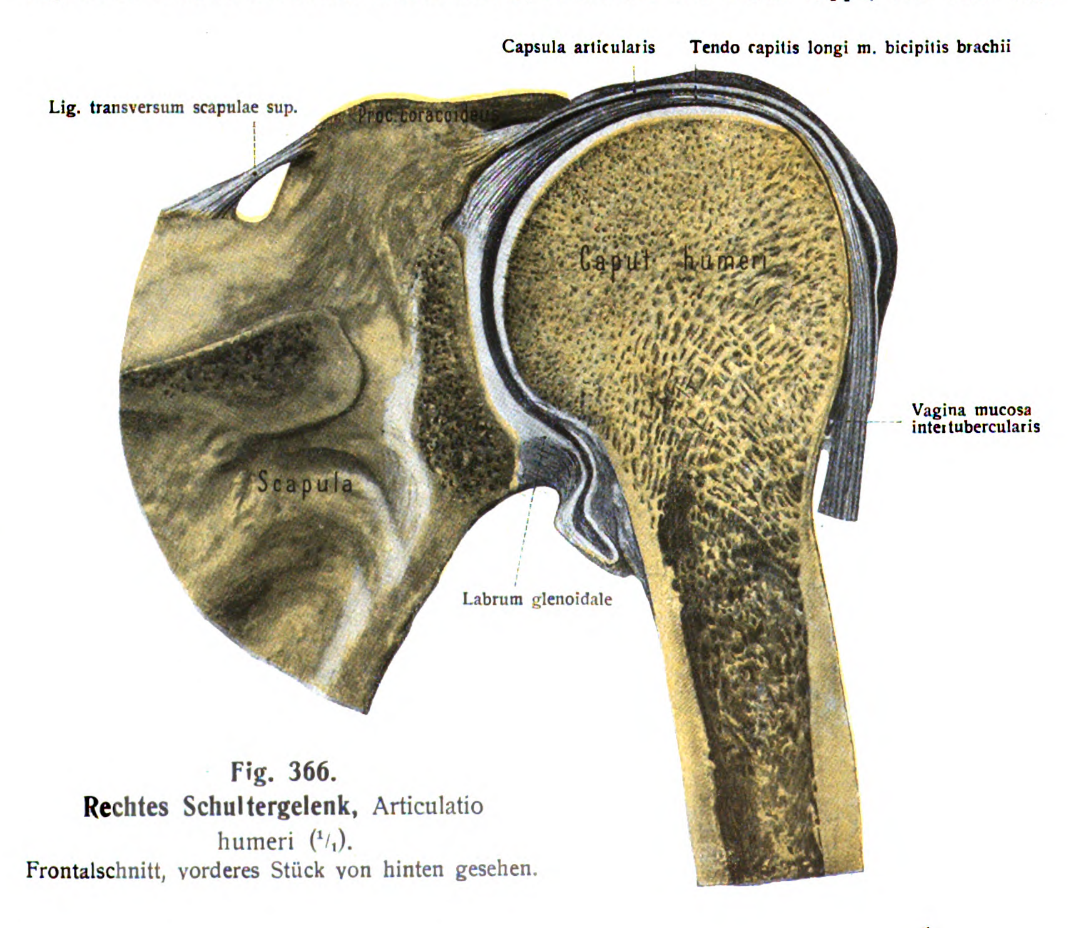


Fig. 366.
Rechtes Schultergelenk, Articulatio humeri ($^1/_1$).
Frontalschnitt, vorderes Stück von hinten gesehen.

Die artikulierenden Flächen sind die Incisura clavicularis sterni und die Facies articularis sternalis des Schlüsselbeins. Die beiden Gelenkflächen sind völlig inkongruent. Außerdem ist ihre Form individuell sehr verschieden. Die Facies articularis sternalis des Schlüsselbeins ist sattelförmig, überragt nach vorn, oben und hinten die Gelenkfläche der Incisura clavicularis sterni, welche ebenfalls sattelförmig und dorsalwärts gerichtet ist. Der Überzug beider Gelenkflächen ist Faserknorpel, an der Sternalpfanne gleichmäßig 1—1,5 mm dick, am Schlüsselbein ungleich stark, und zwar oben medial 2,5 mm, unten lateral 0,5 mm.

Die Gelenkkapsel ist schlaff, dickwandig, fest (Waldeyer) und wird fast überall mit Ausnahme der vorderen unteren Ecke durch besondere Faserzüge verstärkt.

Von besonderen Einrichtungen sind vorhanden der ringsum mit der Kapsel verwachsene faserknorpelige Discus articularis, welcher die inkongruenten Gelenkflächen ausgleicht und die Gelenkhöhle in zwei Kammern teilt. Er ist oft deutlich konvex-konkav, oft eine unregelmäßige Platte. Er ist am dicksten (3—5 mm) oben und hinten, also an derjenigen Stelle, wo auch der Gelenkknorpel der Clavicula am dicksten ist. An dieser Stelle können die drei Knorpelschichten (des Schlüsselbeins, der Sternalpfanne, der Zwischenscheibe) zusammen 13 mm dick sein. Die große Bedeutung dieser federnden Schicht für die Funktion des Arms dürfte ohne weiteres klar sein.

Verstärkungsbänder sind das Ligamentum sternoclaviculare, interclaviculare und costoclaviculare. Ersteres deckt die vordere Fläche der Gelenkkapsel und zieht vom Sternalende des Schlüsselbeines zum Sternum. Das Ligamentum interclaviculare zieht vom oberen Rande des medialen Endes des Schlüsselbeines zur gleichen Stelle des Schlüsselbeins der anderen Seite. Das Lig. costoclaviculare ist ein mächtiger Faserzug, welcher von der unteren Fläche des Schlüsselbeins zum Knorpel der ersten Rippe verläuft.

Auch auf der Dorsalfläche der Kapsel sind nach Waldeyer 4—5 mm dicke Bandmassen vorhanden, welche als Lig. sternoclaviculare post. bezeichnet werden können.

Mechanik: In diesem Gelenk sind eigentlich ganz beliebige Bewegungen, d. h. um unendlich viele Axen, durch seine Mitte möglich: Es ist, wenn man will, ein ungenaues Kugelgelenk; nur ist die willkürliche isolierte Kreiselung in ihm beim Lebenden ausgeschlossen (R. Fick).

Die Gefäße des Sternoclaviculargelenkes stammen von der Arteria und Vena mammaria int., die Nerven von den zwei medialen Nn. supraclaviculares.

c) Verbindungen der einzelnen Knochen des Schultergürtels miteinander sind die Articulatio acromioclavicularis (Figg. 369, 370) und die Syndesmosis coracoclavicularis.

α) Articulatio acromioclavicularis, Schultereckgelenk. Figg. 369, 370.

Die artikulierenden Knochen sind Schlüsselbein und Schulterblatt.

Die artikulierenden Flächen sind die Facies articularis acromialis des Schlüsselbeins und die Facies articularis acromii. Sie sind nach Gestalt und Größe individuell außerordentlich verschieden. Der Umriß ist etwa elliptisch, die Gelenkfläche vom Schlüsselbein ist nach lateral und hinten, die vom Acromion nach vorn und medial gerichtet. Zugleich sieht erstere etwas nach hinten, letztere etwas nach oben.

Die Gelenkkapsel ist schlaff, vorn dicker als hinten.

Von besonderen Einrichtungen sind vorhanden ein manchmal fehlender, meist unvollständiger, in Form und Bau sehr variabler Discus articularis; nur in 1 Prozent der Fälle (Krause) wird die Gelenkhöhle durch die Zwischenscheibe in zwei völlig getrennte Kammern zerlegt. Ein Verstärkungsband, das 2—4 mm dicke Lig. acromioclaviculare, schützt von oben her das Gelenk.

Mechanik: Das Schultereckgelenk gestattet dem Schulterblatt Bewegungen um beliebige durch das Gelenk selbst hindurchgehende oder nicht weit von ihm entfernte Axen und ist deshalb am einfachsten als Kugelgelenk zu betrachten (R. Fick)

Die Gefäße stammen vom Rete acromiale, die Nerven von einem der Nn. thoracales antt., dem N. suprascapularis, dem N. axillaris.

β) Syndesmosis coracoclavicularis. Fig. 370.

Während das Schlüsselbein über den Rabenschnabelfortsatz zieht, wird es durch zwei mächtige Hilfsbänder mit ihm verbunden, welche zusammen als Lig. coracoclaviculare bezeichnet werden. Das vordere dieser miteinander zusammenhängenden Bänder führt den Namen Lig. trapezoidum; das hintere heißt Lig. conoideum. Zwischen beiden befindet sich manchmal ein Schleimbeutel.

2. Schultergelenk, Articulatio humeri. Figg. 366—371.

Die artikulierenden Knochen sind Schulterblatt und Oberarmbein.

Die artikulierenden Flächen sind die Cavitas glenoidalis scapulae, vergrößert durch die Gelenklippe, Labrum glenoidale, und der Oberarmkopf, Caput humeri.

Die Schulterpfanne (Fig. 368) ist eine flache, ovale, lateralwärts gerichtete Grube. Ihr längerer Durchmesser (3,5—4 cm) steht vertikal, der kürzere (2,5 cm) horizontal. Ihre Krümmung entspricht im allgemeinen der des Caput humeri, doch ist ihre Oberfläche nur $^1/_4 - ^1/_3$ der Fläche des letzteren. Sie wird vergrößert durch die ringsum laufende, faserknorpelige Pfannenlippe, Labrum glenoidale, welche 4—6 mm dick und etwa 3 mm breit ist. Die Breite schwankt an den einzelnen Stellen. In die Substanz der Lippe strahlt von oben her die Sehne des langen Bicepskopfes ein, unten ist sie mit der Sehne des Caput longum m. tricipitis brachii verbunden.

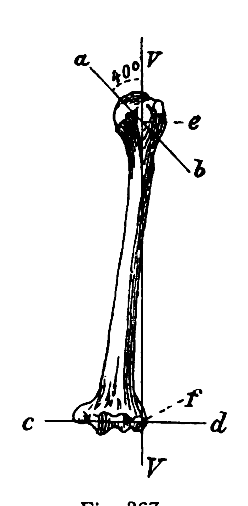


Fig. 367.
Humerus: *a, b* Axe des Kopfes und Halses; *c, d* Axe des Ellenbogengelenkes; *V, V* Vertikale; *e, f* Mittelpunkte des Kopfes und Köpfchens. (H. Meyer.)

Der Pfannenknorpel ist im zentralen Teil dünner (1,3 mm), er verdickt sich allmählich nach der Peripherie (bis 3,5 mm).

Der Oberarmkopf ist seitlich auf den Schaft aufgesetzt. Die Axe des Kopfes und Halses steht in einem nach vorn offenen stumpfen Winkel von 140° zur Axe des Schaftes. Er entspricht $^1/_3$ bis $^2/_5$ der Oberfläche einer Kugel von etwa 2,5 cm Radius (Fick). Die beobachteten Asymmetrien sind nur gering. Der Knorpelüberzug ist in den zentralen Teilen am dicksten (1,6—2,2 mm); nach den Rändern zu verdünnt er sich allmählich (bis auf 1 mm).

Die Gelenkkapsel ist schlaff und die Gelenkhöhle geräumig. Die Kapsel entspringt am Schulterblatt ringsherum von der Gelenklippe mit Ausnahme der Ansatzstelle der Sehne des langen Bicepskopfes. An dieser Stelle reicht ihr Ursprung bis an die Basis des Proc. coracoideus oder gar noch auf dessen untere Fläche herauf. Sie ist unten mit der Sehne des Caput longum m. tricipitis brachii verbunden. Am Humerus entspringt sie am Collum anatomicum, auf der medialen Seite reicht sie aber bis unter die Epiphysengrenze herunter. Der Sulcus intertubercularis wird überbrückt und in einen Kanal verwandelt, durch welchen die Sehne des langen Bicepskopfes zieht, umgeben von der Vagina mucosa intertubercularis. Die Dicke der Kapsel ist verschieden: am dünnsten ist sie an den Stellen, wo ihr die benachbarten Muskeln und deren Sehnen aufliegen. An den Lücken zwischen den Muskeln ist sie etwa $^1/_3$ mm dick. Die breiteste von Muskeln freie Stelle ist der untere Teil der Kapsel zwischen dem M. subscapularis und dem M. teres minor. Dieser Stelle liegen dicht an der N. axillaris sowie die Arteria und Vena circumflexa humeri post. Die Fasern der Kapselwand verlaufen in den äußeren Lagen längs oder schräg, innen aber ringförmig.

Besondere Einrichtungen: Das Lig. coracohumerale, welches von der Basis und dem lateralen Rande des Proc. coracoideus entspringt, zur Gegend des

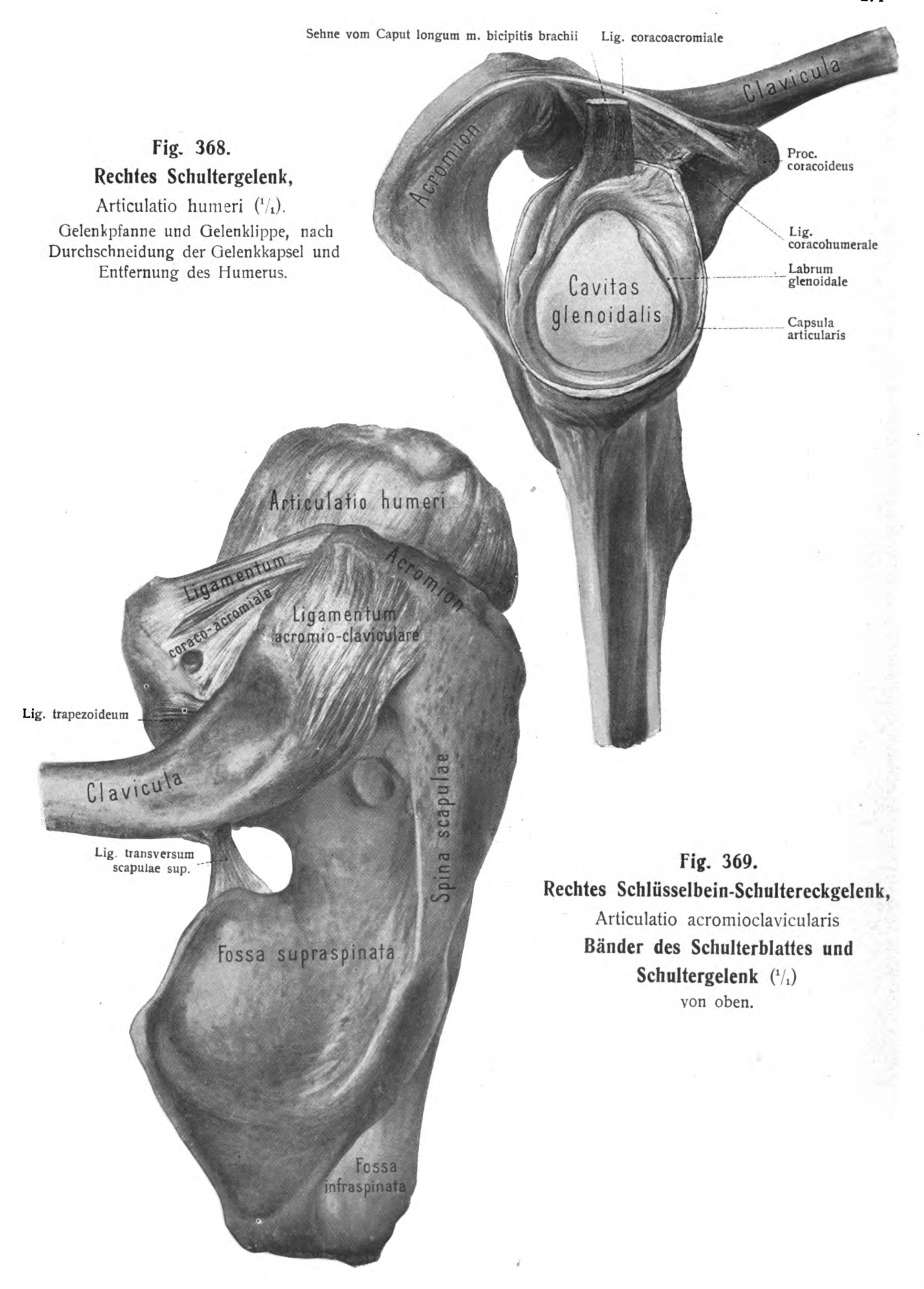


Fig. 368.
Rechtes Schultergelenk,
Articulatio humeri (1/1).
Gelenkpfanne und Gelenklippe, nach Durchschneidung der Gelenkkapsel und Entfernung des Humerus.

Fig. 369.
Rechtes Schlüsselbein-Schultereckgelenk,
Articulatio acromioclavicularis
Bänder des Schulterblattes und Schultergelenk (1/1)
von oben.

Schlüsselbein gehoben

Lig. acromioclaviculare

Lig. trapezoideum
Lig. conoideum
Lig. coracoclaviculare

Lig. coracoacromiale

Lig transversum scapulae sup.

Proc. coracoideus

M. subscapularis

Capsula articularis

Scapula

Sehne vom Caput longum m. bicipitis brachii

Caput longum M. tricipitis

Humerus

Fig. 370.
Rechtes Schultergelenk, Articulatio humeri
nebst Bändern des Schulterblattes (1/1)
von vorn.

Lig. transversum scapulae sup

Lig. transversum scapulae inf.

Proc. coracoideus

Lig coraco-humerale

Fossa supraspinata

M. supraspinatus

Spina scapulae

Capsula articularis

M. infraspinatus

M. teres minor

Fossa infraspinata

Caput longum M. tricipitis

Humerus

Fig. 371. Rechtes Schultergelenk, Articulatio humeri, von hinten (1/1). Das Acromion ist abgesägt.

Sulcus intertubercularis zieht und am Tuberculum majus sowie minus ansetzt und die Ligg. glenohumeralia, die vom vorderen Teil der Gelenklippe entspringen und nur von innen gut zu sehen sind. Zwei stets kommunizierende Schleimbeutel sind vorhanden, die Bursa m. subscapularis und die Vagina mucosa intertubercularis. Letztere ist eine Fortsetzung der Gelenkhöhle. Sie umscheidet die Sehne des langen Bicepskopfes während ihres Verlaufes im Sulcus intertubercularis und ist 2—5 cm lang. Sie endigt geschlossen am distalen Ende des Sulcus intertubercularis, von welchem sie auf die Bicepssehne überspringt und sich dort befestigt. Die Bursa m. subscapularis befindet sich an der Wurzel des Processus coracoideus und unter der Sehne des M. subscapularis; sie steht durch eine weite Öffnung mit dem Gelenk in Verbindung.

Fick beschreibt als Bursa m. subscapularis einen kleinen Schleimbeutel unterhalb der Sehne des Muskels und als besonderen Schleimbeutel die Bursa mucosa subcoracoidea an der Wurzel des Proc. coracoideus. Letzterer hängt jedoch in der Regel mit dem ersteren zusammen.

Andere benachbarte, meist nicht kommunizierende Schleimbeutel sind: 1. die Bursa subacromialis zwischen dem Lig. coracoacromiale und M. deltoideus einerseits, der Schultergelenkkapsel mit Lig. coracohumerale und Sehne des M. supraspinatus andererseits. 2. Die Bursa subdeltoidea unterhalb des M. deltoideus, distalwärts vom Lig. coracoacromiale; sie steht mit der ersten im Zusammenhang. Sie ist wichtig, weil sie infolge ihrer Lage häufig erkrankt. 3. B. m. coracobrachialis liegt unterhalb des Ursprunges des M. coracobrachialis. 4. B. m. infraspinati unterhalb des M. infraspinatus. Außerdem sind noch andere seltenere Schleimbeutel beobachtet worden (s. darüber Fick).

Mechanik des Schultergelenkes: Das Schultergelenk ist ein Kugelgelenk, eine Articulatio sphaeroidea. Die Bewegungsmöglichkeiten, welche in einem Kugelgelenk an sich schon außerordentlich groß sind, werden noch weiter vergrößert durch die verhältnismäßig geringe Größe der Pfanne im Vergleich zum Kopf (s. oben) und durch die schlaffe weite Kapsel, so daß dieses Gelenk das beweglichste des ganzen Körpers ist. Die Hemmungen, welche zu weiten Exkursionen entgegenstehen, sind vor allem gegeben in den Muskeln, welche über die Kapsel hinwegziehen: M. subscapularis von vorn, M. supraspinatus von oben, Mm. infraspinatus und teres minor von hinten. Der untere Teil der Kapselwand ist frei von Muskeln, er hindert zusammen mit dem Lig. coracoacromiale die Erhebung des Arms über die Horizontale hinaus.

Man unterscheidet für die Bewegungen in diesem Gelenk drei Axen (H. Meyer):

1. die quere Pendelaxe; 2. die sagittale Abduktionsaxe; 3. die vertikale Kreiselungsaxe. Die Bewegungen in der Pendelebene haben einen Schwingungsbogen von etwa 150°, ebenso die Bewegungen in der Abduktionsebene und die Kreiselung.

Die Gefäße des Schultergelenkes stammen von den Vasa transversa scapulae, Vasa circumflexa humeri antt. und postt., Vasa subscapularia, Vasa circumflexa scapulae sowie von Gefäßen benachbarter Muskeln.

Die Nerven kommen aus den Nn. suprascapularis, axillaris, subscapulares.

3. Vorderarmverbindungen.

Die beiden Vorderarmknochen stehen miteinander durch zwei Gelenke, Articulatio radioulnaris proximalis und distalis, und eine Zwischenknochenhaut, Membrana interossea antebrachii, in Verbindung und bilden durch ihre proximalen Gelenkflächen zusammen mit dem distalen Ende des Humerus das Ellenbogengelenk, Articulatio cubiti. An der Zusammensetzung dieses Gelenkes ist außerdem noch die Articulatio radioulnaris proximalis beteiligt, während die Articulatio radioulnaris distalis weit entfernt vom Ellenbogengelenk liegt.

a) Articulatio radioulnaris proximalis. Figg. 372, 373, 377, 380.

Die artikulierenden Knochen sind Ulna und Radius.

Die artikulierenden Flächen sind die Circumferentia articularis radii und die Incisura radialis ulnae. Die Umgrenzung der letzteren hat die Gestalt einer Mondsichel, deren Konvexität distalwärts gerichtet ist. Die Fläche der Incisur ist radialwärts konkav, sie entspricht einem Ausschnitt von 60—90° einer Zylinderfläche von 12—15 cm Durchmesser, doch zeigen genauere Untersuchungen von Fick, daß die Fläche richtiger als Kegelfläche zu bezeichnen ist. Der Knorpelüberzug ist in der Mitte am dicksten, er wird nach vorn und hinten bedeutend dünner. Die Circumferentia articularis radii befindet sich am proximalen Umfang des Radiusköpfchens. Sie schleift nicht allein in der Incisura radialis ulnae, sondern auch auf der Innenfläche des Lig. anulare radii. Der „Gelenkteil" der Circumferentia, d. h. derjenige Teil, welcher in der Incisur der Ulna schleift, bildet $^1/_3$—$^1/_2$ des ganzen Umfanges. Er ist an seiner breitesten (höchsten) Stelle 4—6 mm breit und wird nach vorn sowie nach hinten niedriger.

Über Gelenkkapsel und Gelenkhöhle siehe Ellenbogengelenk. S. 277.

Als besondere Einrichtung ist das kräftige, 1 cm breite (hohe) Ringband, Lig. anulare radii, zu nennen (Figg. 372, 373, 377, 380). Es heftet sich am vorderen und hinteren Rand der Incisura radialis ulnae an und bildet $^4/_5$ eines Ringes. Es hat die Gestalt eines Trichters, die enge distale Öffnung umfaßt den Hals des Radius. Auf der Innenfläche befindet sich oftmals eine dünne Knorpelschicht (Fick).

b) Articulatio radioulnaris distalis. Figg. 373, 389.

Die artikulierenden Knochen sind Radius und Ulna.

Die artikulierenden Flächen sind die Circumferentia articularis ulnae und die Incisura ulnaris radii. Dazu kommen noch die proximale Fläche des Discus articularis und der distale überknorpelte Teil des Capitulum ulnae.

Die Incisura ulnaris radii ist der oben geschilderten Incisura radialis ulnae außerordentlich ähnlich. Sie stellt wie diese einen halbmondförmig umgrenzten Ausschnitt von 45—70° einer Zylinderfläche von 2,6—3,5 cm Durchmesser dar. Ihr Knorpel ist 2 mm dick. Die sichelförmige Circumferentia articularis ulnae nimmt nur den halben Umfang des Capitulum ulnae ein; sie ist in der Mitte ungefähr 1 cm breit (hoch) und wird nach vorn sowie nach hinten niedriger. Distalwärts geht sie unter verschieden großem Winkel und bei mehr oder weniger scharfer Kantenbildung in die halbkreisförmige Gelenkfläche über, welche die distale Oberfläche des Capitulum ulnae bis zur Wurzel des Processus styloideus überzieht (Fig. 389). Die Dicke des Knorpels beträgt an beiden Gelenkflächen ungefähr 1,5 mm. Er ist in den tieferen Schichten hyalin, an der Oberfläche faserknorpelig.

Die Gelenkkapsel ist schlaff und weit. Sie ist an den Seitenrändern der Gelenkflächen und am Discus articularis befestigt. Proximalwärts geht von ihr ab eine weite blindsackartige Ausstülpung, Recessus sacciformis. Die Gelenkhöhle ist geräumig, mit mehr oder weniger Synovialfalten oder -Zotten versehen. Sie hängt sehr oft durch eine schmale Spalte, welche an der Ursprungsstelle des Discus articularis dicht am distalen Rand der Incisura sich befindet, mit der Articulatio radiocarpea zusammen. Bei älteren Leuten ist eine größere Durchbrechung im Zentrum des Discus häufig.

Von besonderen Einrichtungen ist der schon mehrmals erwähnte Discus articularis zu nennen. Er ist eine dreiseitige, bindegewebige, an den radialen und ulnaren Partien faserknorpelige Platte, entspringt am distalen Rande der Incisura ulnaris radii und heftet sich an der Basis des Processus styloideus ulnae und der dort befindlichen Grube an. Er trennt die Articulatio radioulnaris distalis von der Articulatio radiocarpea. (Über Lücken und Spalten in ihm s. den vorhergehenden Absatz.)

Die Blutgefäße des Gelenkes stammen von der A. interossea vol. und dors., sowie aus dem Rete carpi dorsale und volare. Die Nerven kommen aus dem N. interosseus volaris und dorsalis.

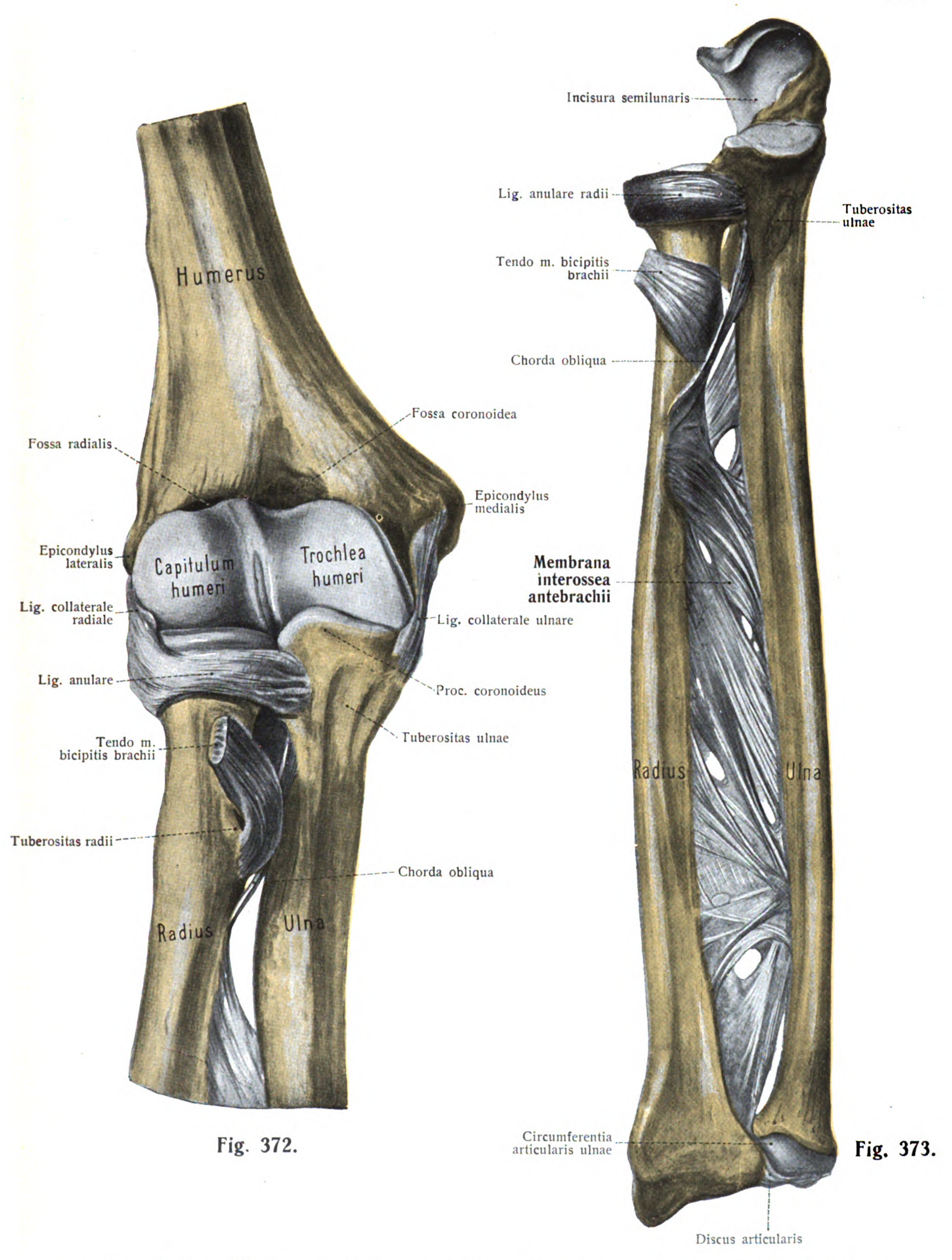


Fig. 372. **Rechtes Ellenbogengelenk,** Articulatio cubiti, von vorn (1/1). Gelenkkapsel entfernt.
Fig. 373. **Rechte Vorderarmknochen mit ihren Verbindungen** (3/4).

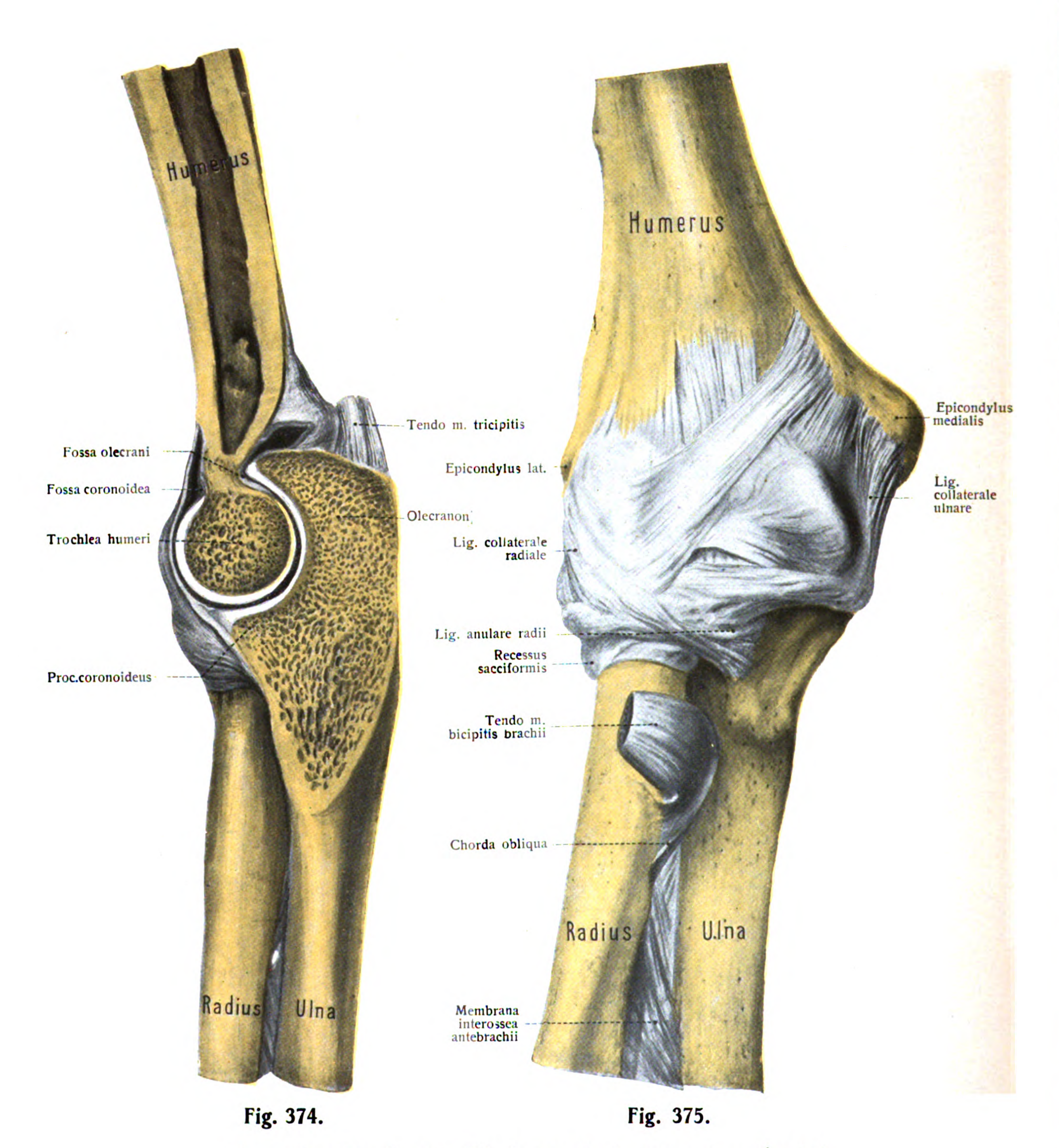


Fig. 374. **Fig. 375.**

Figg. 374, 375. **Rechtes Ellenbogengelenk,** Articulatio cubiti (¹/₁).
Fig. 374. Sägeschnitt senkrecht zur Axe der Trochlea humeri. Ansicht des radialen Stückes von der ulnaren Seite her. Fig. 375. Ansicht des Ellenbogengelenkes von vorn.

c) Längsverbindungen der Vorderarmknochen (Syndesmoses radioulnares, Fick). Fig. 373.

Zwischen den einander zugekehrten Rändern, Cristae interosseae radii et ulnae, der beiden Vorderarmknochen, spannen sich die derbe fibröse Zwischenknochenhaut, Membrana interossea antebrachii, und die Schrägsaite, Chorda obliqua, aus.

Die Membrana interossea antebrachii beginnt proximal dicht unterhalb der Sehne des M. biceps brachii und reicht distalwärts bis zur Articulatio radioulnaris distalis. Der proximale Teil des Zwischenknochenraumes und eine schmale Spalte am distalen Ende der Ulna bleiben frei. Sie ist im proximalen Teil zart und dünn; ebenso im distalen Abschnitt. Der größere Teil der Membran besteht aus derben, sehnig glänzenden Bindegewebsbündeln, welche größtenteils vom Radius schräg abwärts (distalwärts) zur Ulna ziehen. Auf der dorsalen Fläche kommen auch entgegengesetzt gerichtete Faserbündel vor, welche vom Radius schräg aufwärts (proximalwärts) zur Ulna verlaufen. Am distalen Teil der Membran verläuft die Hauptmasse der Fasern in dieser Richtung. Größere Lücken im proximalen und distalen Teil dienen zum Durchtritt von Gefäßen und Nerven. Ursprung und Ansatz der Zwischenknochenhaut sind nicht allein die Cristae interosseae, sondern auch die angrenzenden Teile der Facies volaris von Ulna und Radius.

Die Schrägsaite ist ein 4—10 mm breiter, platter, bandartiger oder rundlicher Streifen, welcher vom distalen Teil der Tuberositas ulnae schräg abwärts (distalwärts) zum Radius zieht und $^{1}/_{2}$—2 cm distalwärts von der Tuberositas radii auf der volaren Fläche des Radius ansetzt. Sie beschränkt die Supination.

Die Bedeutung der Zwischenknochenhaut ergibt sich aus der Faserrichtung. Sie dient zur Übertragung von proximalwärts gerichteten Zug- und Druckkräften, welche am Radius angreifen, auf die Ulna. Die distalen Enden der beiden Vorderarmknochen werden in querer Richtung durch den Discus articularis zusammengehalten, wie es proximal durch das Lig. anulare radii, Chorda obliqua und die proximalen Teile der Zwischenknochenhaut geschieht.

Fig. 376.
Radius: *VV* Vertikale Kreiselungsaxe des Radius; *a* Mitte der Incisura ulnaris radii. (H. Meyer.)

Mechanik der Articulatio radioulnaris proximalis und distalis: Die beiden Gelenke dienen den Umwendungsbewegungen von Vorderarm und Hand, der Pronation und der Supination[1]). Bei diesen Bewegungen dreht sich bei festgestelltem Humerus der Gelenkteil der Circumferentia articularis radii in der Incisura radialis ulnae, und zugleich gleitet die Incisura ulnaris radii über die Circumferentia articularis ulnae. Die Bewegung erfolgt um eine Axe, welche durch den Mittelpunkt der Fovea capituli radii und die Mitte der Incisura ulnaris radii geht. Der ganze Spielraum der Speichendrehung beträgt beim Lebenden 120—140° (R. Fick).

4. Ellenbogengelenk, Articulatio cubiti. Figg. 372—375, 378, 379, 383.

Das Ellenbogengelenk ist eine Articulatio composita, denn sie enthält in einer gemeinsamen Kapsel drei Gelenke: die Articulatio humeroulnaris, humeroradialis und radioulnaris proximalis. Letztere ist schon oben beschrieben worden.

Die artikulierenden Knochen sind Humerus, Radius, Ulna.

Die artikulierenden Flächen sind am Humerus die Trochlea und das Capitulum, an der Ulna die Incisura semilunaris und die Incisura radialis ulnae, am Radius die Fovea capituli und die Circumferentia articularis.

---

[1]) Pronation nennt man diejenige Bewegung der Hand durch den Radius, in welcher die lateral gehaltene Daumenseite medianwärts gedreht wird. Die Supination macht diese Bewegung rückgängig.

Die Trochlea humeri ist eine mit tiefer Hohlkehle versehene Rolle, deren Gestalt man als sanduhrförmig bezeichnen kann. Die beiden Teile der sanduhrförmigen Rolle sind von kegelförmiger Gestalt. Von den beiden Kegeln ist der ulnare der größere sowohl der Höhe (14 mm), wie dem Umfang (14,1 mm Durchmesser) nach, der radiale ist der kleinere (8 mm Höhe, 11,3 mm Durchmesser). Beide Kegel haben aber dieselbe Axe, welche schräg medianwärts zur Richtung des Humerusschaftes verläuft. Ferner ist die ganze Rolle vorn 2—4 mm schmaler als hinten, und die Krümmung der Rollenoberfläche ist vorn stärker als hinten. Der Knorpelüberzug reicht vorn weiter proximalwärts auf der ulnaren Seite, hinten ist es umgekehrt. An der Hohlkehle steht er vorn und hinten gleich hoch. Er umgibt hier 280—320° des ganzen Rollenumfanges. Der Verlauf der Hohlkehle ist nicht genau kreisförmig, sondern stellt ein Stück einer Schraubenwindung dar; doch ist ihre Höhe individuell sehr verschieden. Eine andere Anschauung vom Verlauf der Hohlkehle wird durch Braune vertreten (s. darüber bei Fick). Auch der ulnare Rand der Rolle beschreibt eine Art Schraubenlinie (Fick). Radialwärts wird die Trochlea durch einen abfallenden Rand und eine individuell verschieden tiefe Rinne gegen das Capitulum abgesetzt. Der Knorpel ist 1,5 mm dick. Er ist am dünnsten am ulnaren Rand (1,2 mm) und steigt bis auf 2 mm am radialen Rand. Am dünnsten ist er dicht unterhalb der Fossa olecrani. Am radialen Rand der Rolle ist der Knorpel aufgelockert, zerfasert oder fehlt gar an einigen Stellen (Fick) vergl. Fig. 372.

Das Capitulum humeri entspricht im großen und ganzen einer Kugel, deren Mittelpunkt auf der Rollenaxe liegt (10,5—11 mm Durchmesser), doch ist die Krümmung der Oberfläche in verschiedenen Richtungen ungleich. Der Knorpelüberzug ist in der Mitte am dicksten (1—2 mm) und wird nach den Rändern allmählich dünner.

Die Incisura semilunaris ulnae, Ellenzange, entspricht ungefähr der Trochlea humeri, doch liegt „in keiner Stellung des Ellenbogengelenkes die ganze Ellenzange der Oberarmrolle in Berührung" an (Fick). Ihre Krümmung entspricht einem Kreis von 10 mm Durchmesser. Entsprechend der Hohlkehle der Trochlea humeri besitzt sie eine Führungsleiste. Der Knorpelüberzug besteht aus zwei durch eine quere knorpellose Rinne getrennten Stücken (Figg. 373, 377, 380). Das hintere der beiden Stücke gehört dem Olecranon an und hat eine andere Krümmung als das vordere, dem Processus coronoideus angehörige. Die Knorpeldicke beträgt an den Enden der Führungsleiste und an der Grenze gegen die Incisura radialis ulnae 2 mm oder mehr; nach den Rändern hin wird der Knorpel allmählich dünner.

Die Fovea capituli radii ist eine etwa kreisförmig umgrenzte flache Grube, deren Krümmung der Oberfläche des Capitulum humeri entspricht, doch beträgt ihre Ausdehnung nur etwa 70—80°, gegen 150° des Oberarmköpfchens. Der Rand der Fovea capituli geht über in die Circumferentia articularis. Auf der ulnaren Seite aber befindet sich zwischen ihm und der oberen Kante der Circumferentia articularis ein halbmondförmiges abgeschrägtes Feld (Lunula obliqua, Fick) zur Artikulation mit dem abfallenden radialen Rand der Trochlea humeri. Der Knorpel ist am Rand fast 2 mm, in der Mitte der Fovea 1 mm dick.

Die Gelenkkapsel, gemeinsam für die drei in der Art. cubiti vereinigten Gelenke, ist vorn stärker als hinten; vorn und hinten ist die Kapsel bei mittlerer Beugestellung schlaff. Vollendete Beugung spannt die hintere Hälfte, vollendete Streckung die vordere. Die distalwärts vom Lig. anulare radii befindliche Ausstülpung der Kapsel heißt Recessus sacciformis. Die Kapsel entspringt vom $^1/_2$ cm oberhalb der Fossae coronoidea und radialis, läßt die beiden Epicondylen frei, indem sie dem ulnaren Rand der Rolle in etwa 2 mm Abstand, dem radialen und hinteren Knorpelrand des Capitulum dicht anliegend folgt, und setzt hinten in der Mitte der Fossa olecrani an. An der Ulna folgt der Ansatz dem Knorpelrand, entfernt sich aber am Olecranon und dem Processus coronoideus etwas weiter von der Knorpelgrenze. Am Radius ist sie ungefähr 15 mm unterhalb des proximalen Endes am Collum befestigt. Dieser Teil ist zart und dünn; er bildet den Recessus sacciformis distalwärts vom Lig. anulare radii.

Die Form der Gelenkhöhle ist außerordentlich kompliziert. Von Gelenkinnenhaut überzogen sind alle innerhalb der Kapsel befindlichen, nicht von Knorpel bedeckten Knochenteile, vornehmlich die Fossae olecrani, coronoidea, radii, Collum radii. In der Tiefe der Gruben befindet sich Bindegewebe und Fettgewebe. Von den zahlreichen Falten, welche von der Gelenkkapsel ausgehend sich in die Furchen zwischen den Rändern der artikulierenden Flächen hineinschieben, ist die bedeutendste zwischen Capitulum humeri und Capitulum radii. Sie ist einem Meniscus

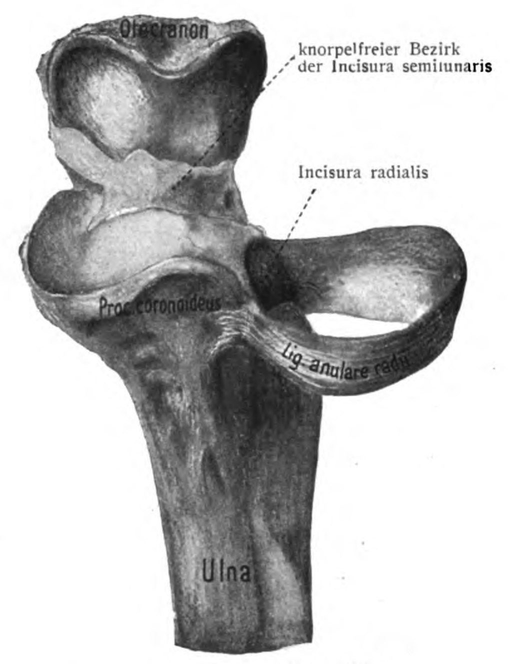


Fig. 377.
Der proximale Teil der Elle mit dem Ringband der Speiche ($^1/_1$).

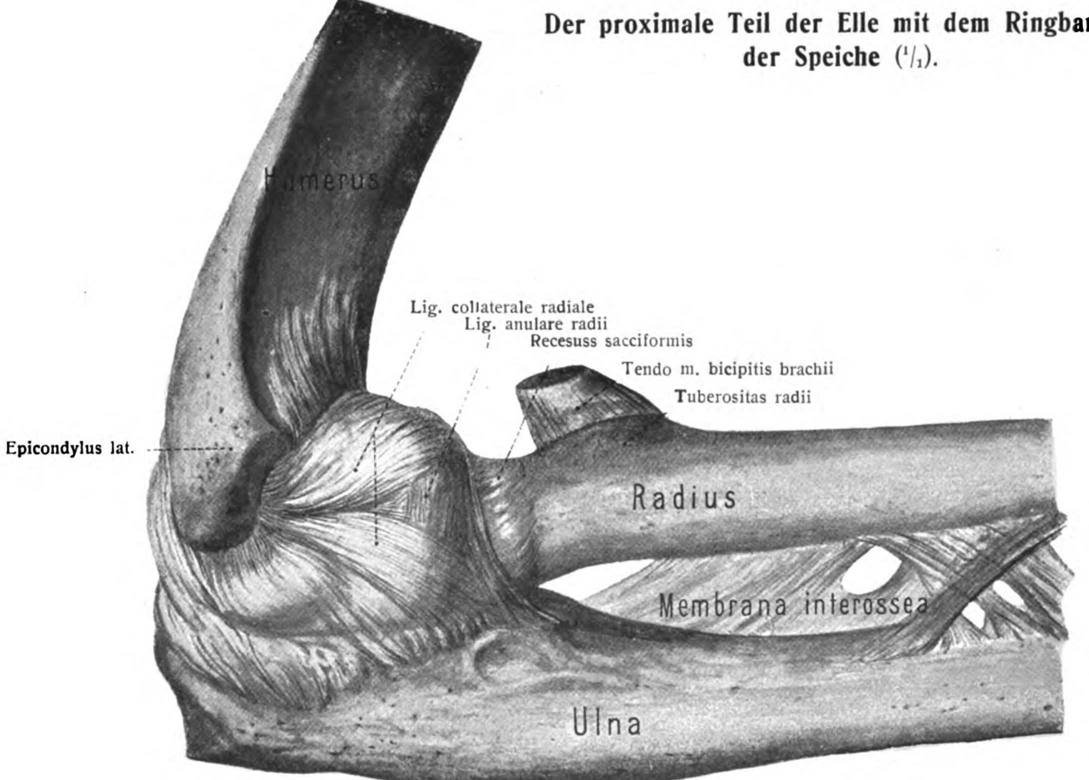


Fig. 378.
Rechtes Ellenbogengelenk, Articulatio cubiti ($^1/_1$).
von der radilaen Seite gesehen.

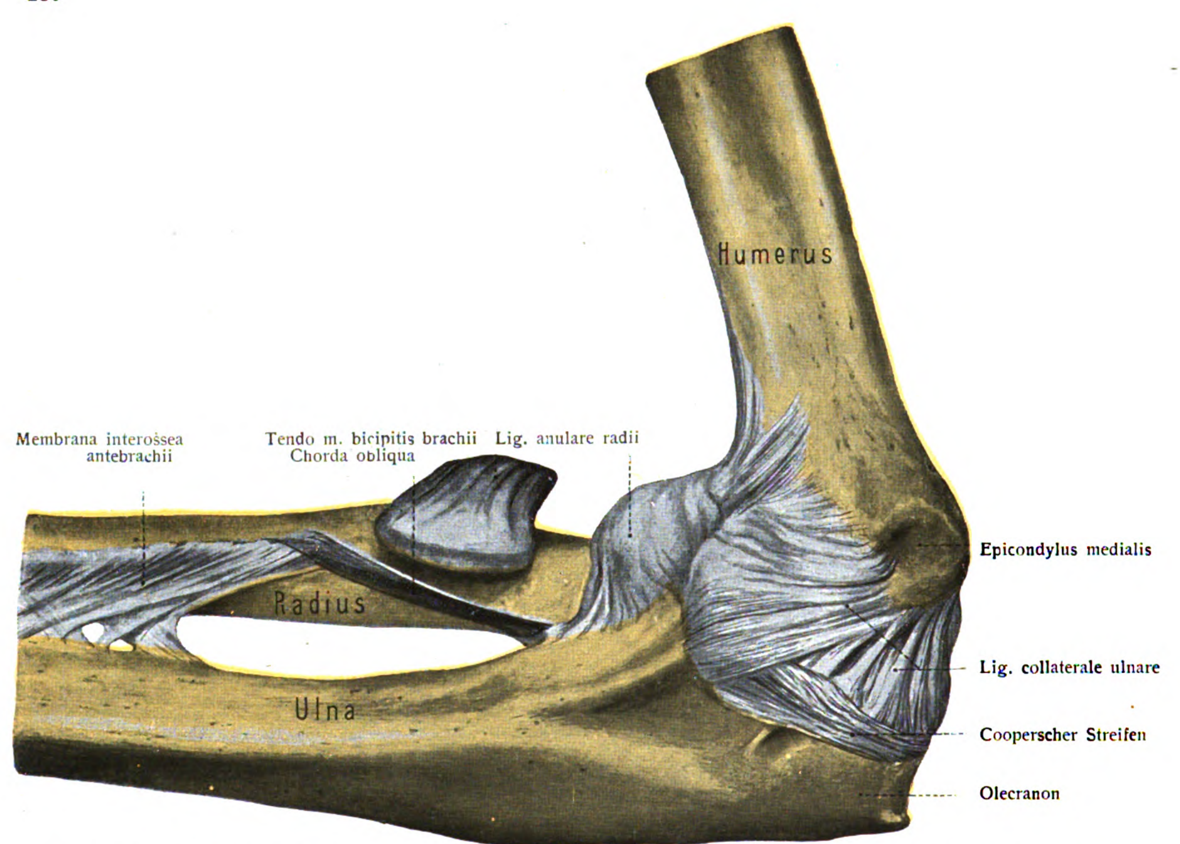


Fig. 379. Rechtes Ellenbogengelenk, Articulatio cubiti, von der ulnaren Seite gesehen (1/1).

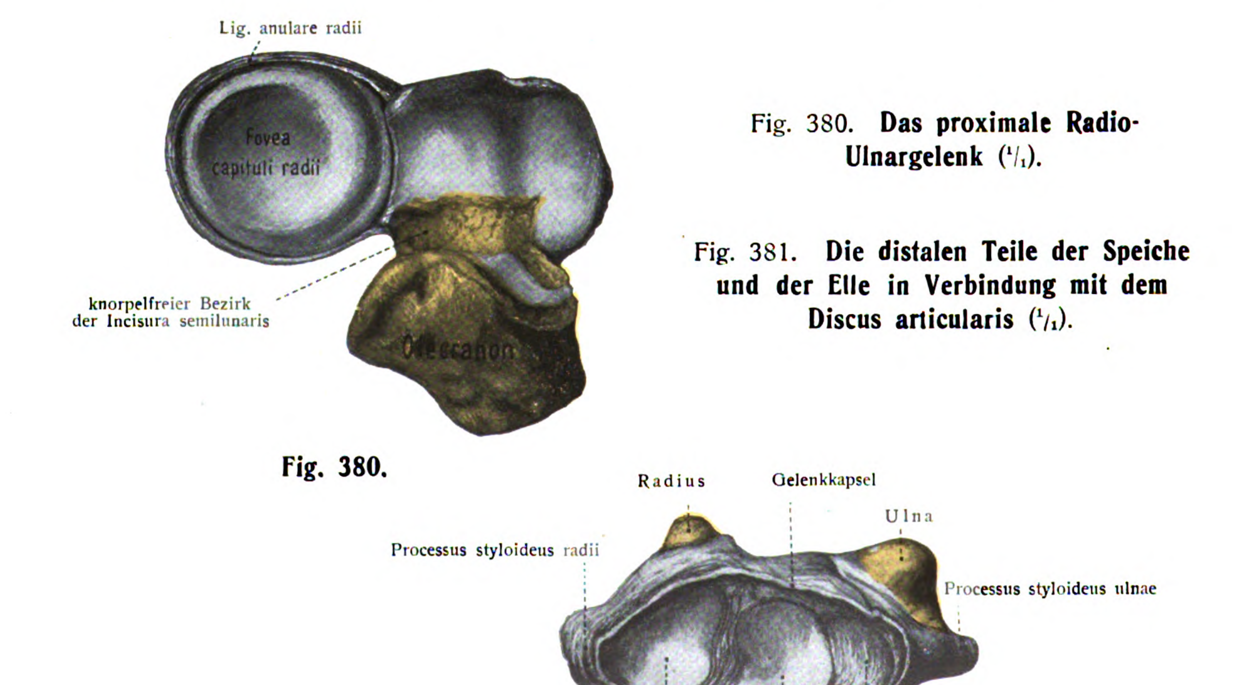


Fig. 380.

Fig. 380. **Das proximale Radio-Ulnargelenk** (1/1).

Fig. 381. **Die distalen Teile der Speiche und der Elle in Verbindung mit dem Discus articularis** (1/1).

Fig. 381.

vergleichbar, 2—3 mm breit und beträgt fast 3/4 eines Ringes. (Weiteres über andere Falten s. bei Fick.)

Von besonderen Einrichtungen sind vorhanden drei Verstärkungsbänder, wenn wir das untrennbar mit der Kapsel und dem radialen Seitenband verbundene Lig. anulare radii mitrechnen. Die beiden anderen Verstärkungsbänder sind das Lig. collaterale ulnare und radiale. Das Lig. collaterale ulnare entspringt am Epicondylus medialis humeri, seine Fasern strahlen fächerförmig gegen die Ulna aus. Am kräftigsten sind die vorderen und die hinteren Teile des Fächers ausgebildet, so daß Rauber zwei Abteilungen dieses Bandes Lig. humerocoronoideum und Lig. olecranohumerale unterscheidet, deren Befestigungsstellen im Namen enthalten sind. Das erstere ist verbunden mit dem Ursprung des M. flexor digitorum sublimis. Zwischen den distalen Enden der beiden Bänder spannen sich sehr oft derbe Faserzüge aus, welche als „Coopers Streifen" bezeichnet werden und zusammen mit den beiden Teilen des Seitenbandes ein dreiseitiges Feld umgrenzen, in welchem Äste der A. recurrens ulnaris post. in das Gelenk treten. Fig. 379.

Das Lig. collaterale radiale entspringt von der Vorder- und Unterfläche des Epicondylus lateralis und teilt sich in zwei auseinanderweichende Schenkel, welche vor und hinter dem Capitulum radii zum vorderen und zum hinteren Rand der Incisura radialis ulnae ziehen. Sie sind dicht mit den Kreisfasern des Lig. anulare radii verwachsen, sowie mit den Ursprungssehnen der oberflächlichen Extensoren des Vorderarms. Über das Lig. anulare radii siehe oben unter Articulatio radioulnaris proximalis. S. 274.

Über die vordere Fläche der Gelenkkapsel ziehen schwächere Verstärkungszüge in gerader, querer und schräger Richtung. Ein schräger Zug ist gewöhnlich kräftig entwickelt (Fig. 375), er entspringt in der Gegend des medialen Epicondylus und zieht zum Lig. anulare. Auf der Hinterfläche gibt es ebenfalls zerstreute Bündel, welche in der Längsrichtung verlaufen. Fig. 383.

Die Gefäße des Ellenbogengelenkes stammen aus dem Rete articulare cubiti, gebildet von den Aa. collateralis radialis, collateralis media, collateralis ulnaris sup. und inf., recurrentes rad. und ulnares, interossea recurrens. Die Nerven stammen aus allen Armnerven.

Mechanik der Art. cubiti. Das Ellenbogengelenk ist ein Schraubengelenk, Articulatio cochlearis, welches eine besondere Form des Scharniergelenkes ist. Die Bewegung der Vorderarmknochen erfolgt um die Axe der Trochlea und des Capitulum, welche in querer Richtung dicht unter den beiden Epicondylen verläuft. Die Führungsleiste der Ulna schleift dabei in der Hohlkehle der Trochlea, welche durch ihren schraubenförmigen Verlauf die Vorderarmknochen zwingt, sich radialwärts oder ulnarwärts zu verschieben. Die Richtung und der Betrag dieser Verschiebung sind verschieden. Die Schraube ist in einem Falle rechts, in einem anderen Falle links gewunden. Hultkrantz fand in 3 unter 13 Fällen keine Verschiebung, in den anderen 10 Fällen eine solche von 0,5—2 mm. Das Capitulum radii macht diese Bewegungen mit. In jeder Stellung der Ulna zum Humerus können die dem Radius eigentümlichen Kreiselungsbewegungen ausgeführt werden.

Nach R. Fick, sollte das Gelenk nicht mehr als Schraubengelenk bezeichnet werden, sondern als Scharniergelenk mit verschiedenen, um die oben genannte Mittelaxe schwankenden Momentanaxen.

Führt man bei gestrecktem Arm eine Gerade durch den Mittelpunkt des Humeruskopfes, den Mittelpunkt des Capitulum humeri und des Capitulum radii distalwärts, so trifft die Linie den Mittelpunkt des Capitulum ulnae, um welches das distale Ende des Radius seine Drehbewegungen ausführt. Diese Axe ist die Konstruktionsaxe des Armes. Auf ihr steht die Flexionsaxe des Ellenbogengelenkes senkrecht.

5. Handgelenk, Articulatio manus. Figg. 381, 382, 384—389.

Das Handgelenk besteht aus zwei Gelenken, deren Höhlen in der Regel voneinander getrennt sind, aus dem ersten oder proximalen Handgelenk, Articulatio radiocarpea, und dem zweiten oder distalen Handgelenk, der Articulatio intercarpea. Beide Gelenke wirken zusammen bei den Bewegungen der Hand gegen den Vorderarm.

a) Proximales Handgelenk. Articulatio radiocarpea.

Die artikulierenden Knochen sind der Radius und die proximale Reihe der durch Ligg. intercarpea interossea miteinander verbundenen Handwurzelknochen, bestehend aus Naviculare, Lunatum, Triquetrum, dazu kommt noch der Discus articularis.

Die artikulierenden Flächen sind die Facies articularis carpea des Radius sowie die distale Fläche des Discus articularis und die proximalen Gelenkflächen des Naviculare, Lunatum, Triquetrum. Die Gelenkfläche am Vorderarm bildet eine seichte, eiförmige Pfanne, deren lange quere Axe 4—5 cm, deren kurze Axe 1,5—2 cm mißt. Der Krümmungshalbmesser beträgt in radioulnarer Richtung 4 cm, in dorsovolarer etwa 2 cm. Der Bogenwert der radioulnaren Krümmung ist etwa 70°, der dorsovolaren etwa 65° in der Mitte der Fläche. Die Facies articularis carpea des Radius zeigt zwei durch eine Leiste getrennte Facetten, die eine für das Naviculare, die andere für das Lunatum. (Fig. 381.) Die Knorpeldicke ist an den einzelnen Stellen sehr

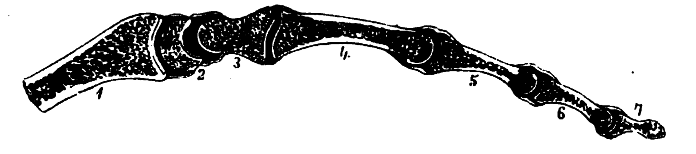


Fig. 382.
Schnitt durch die Hand in der Axe des Mittelfingers. 1:3.
1 Radius; 2 Os lunatum; 3 Os capitatum; 4 Metacarpale III; 5 Phalanx prima; 6 Phalanx sec.; 7 Phalanx tertia.

verschieden (0,8—1,15 mm). Der auf dieser Pfanne schleifende Gelenkkopf besteht aus den durch schlaffe mit Faserknorpel überzogene Zwischenknochenbänder, Ligg. intercarpea interossea, verbundenen proximalen Flächen des Naviculare, Lunatum, Triquetrum. Die Knorpeldicke beträgt an ersterem 0,8 mm, am zweiten 1,1 mm, am dritten nur 0,2 mm. Die Gelenkfläche des Triquetrum und sein Anteil an der Artikulation unterliegen erheblichen Schwankungen. Die quere Krümmung des Gelenkkopfes ist stärker als die der Pfanne, ihr Halbmesser beträgt 3 cm und ihr Bogenwert ungefähr 110°. Die dorsovolare Krümmung ist an den drei Handwurzelknochen verschieden, ebenso ihr Bogenwert.

Die Gelenkkapsel ist weit und dünn; sie entspringt dicht an allen in Betracht kommenden Knorpelknochengrenzen. Die Gelenkhöhle steht häufig in Verbindung mit der Articulatio radioulnaris distalis (s. oben), ebenso mit der Articulatio intercarpea, und zwar meist durch eine Spalte zwischen Naviculare und Lunatum; ferner ist eine Verbindung mit der Articulatio ossis pisiformis häufig. Die Zahl und Größe der Synovialfalten ist individuell sehr verschieden.

Von besonderen Einrichtungen sind ein dorsales und ein volares, ein radiales und ein ulnares Verstärkungsband vorhanden. Das Lig. radiocarpeum dorsale zieht vom Radius schräg distal- und ulnarwärts zur Dorsalfläche des Triquetrum. Das Lig. radiocarpeum volare, bedeutend stärker als das dorsale, entspringt am Processus styloideus radii und an dem distalen Rand des Radius. Es besteht aus mehreren, durch breite Spalten voneinander geschiedenen Teilen,

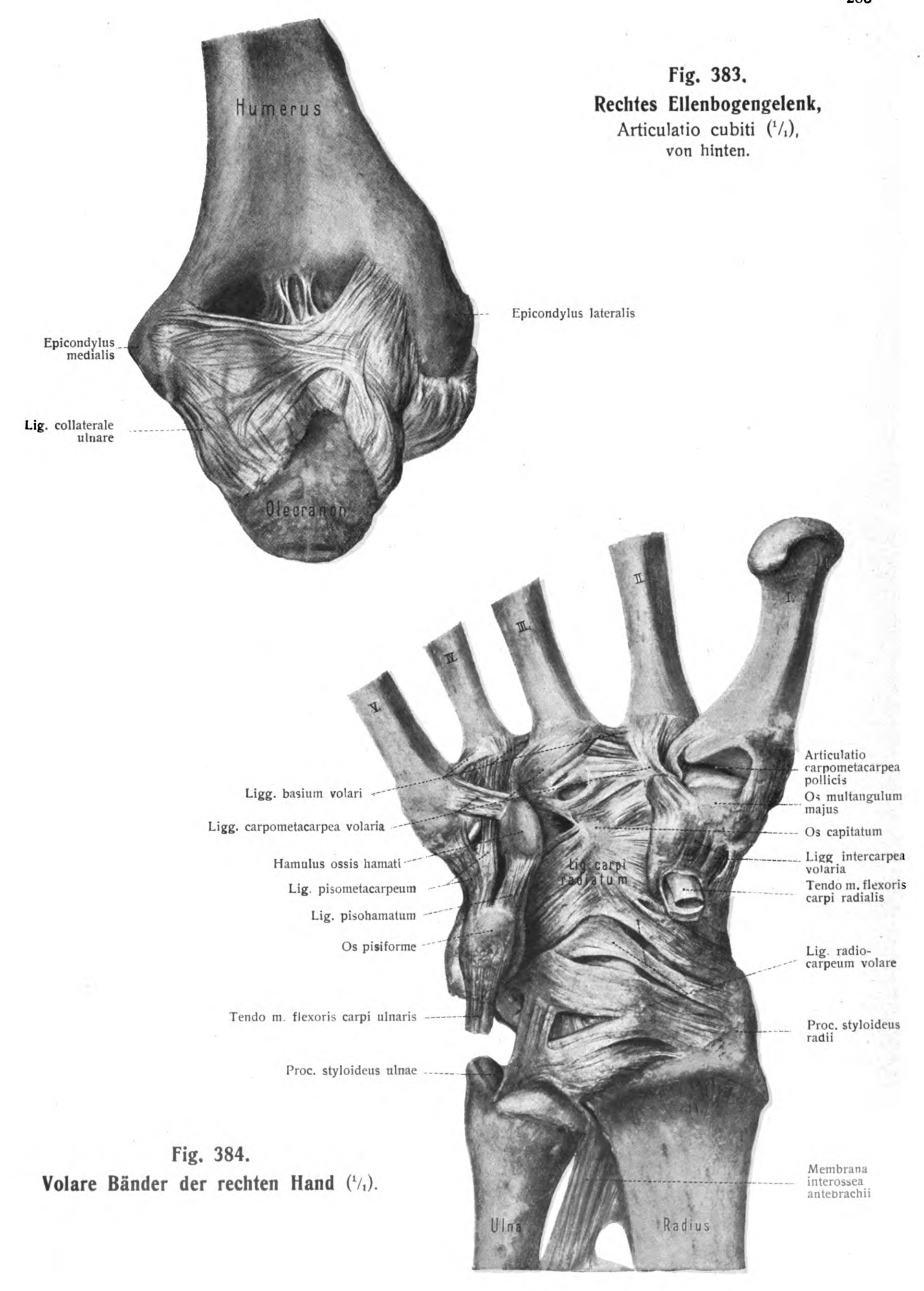


Fig. 383.
Rechtes Ellenbogengelenk,
Articulatio cubiti (1/1),
von hinten.

Fig. 384.
Volare Bänder der rechten Hand (1/1).

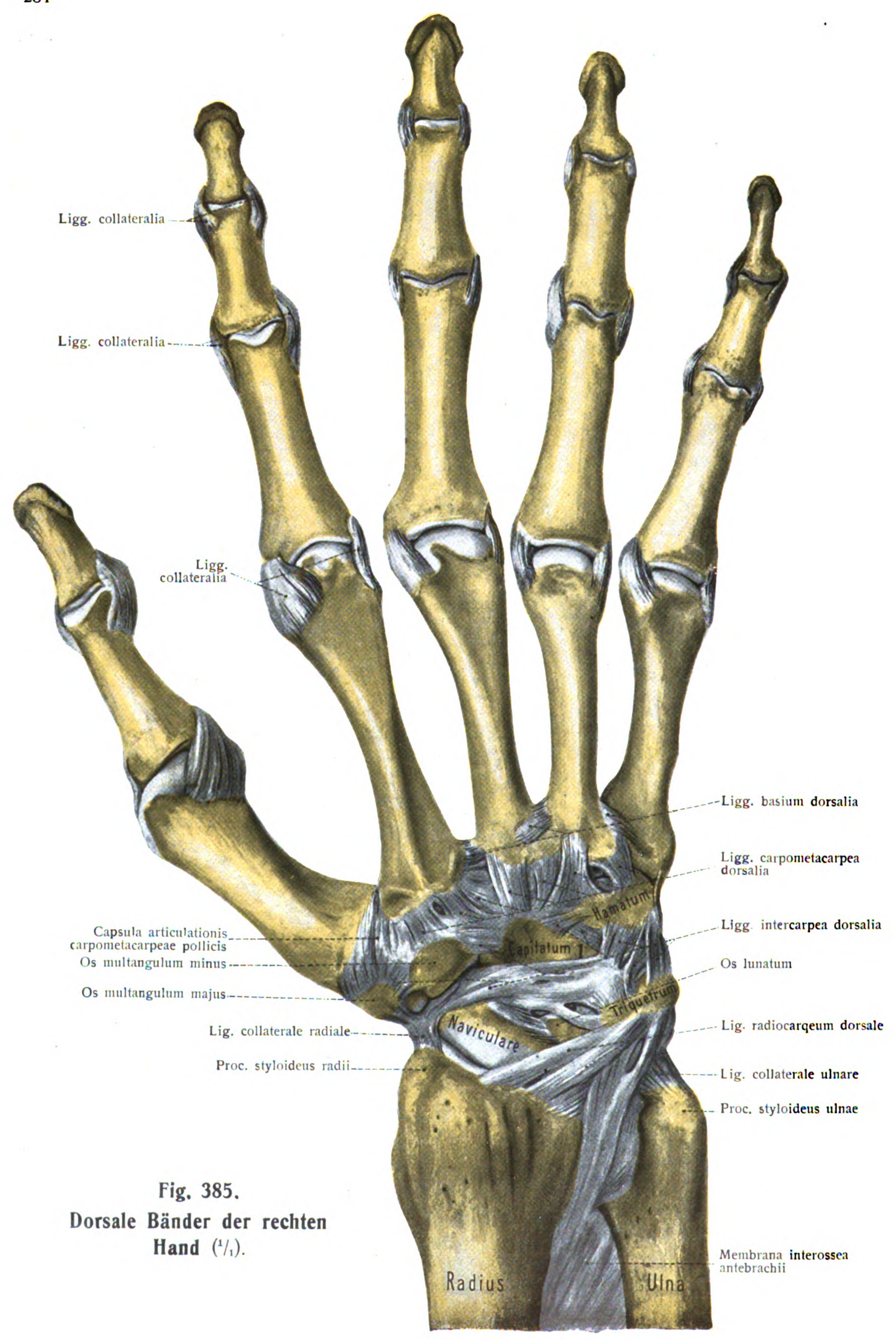


Fig. 385.
Dorsale Bänder der rechten Hand (1/1).

welche schräg distal- und ulnarwärts verlaufen und am Lunatum, Triquetrum sowie am Capitatum und Hamatum ansetzen. Ein von den B. N. A. nicht aufgeführtes, aber von H. Virchow beschriebenes und bei Fick als Lig. ulnocarpeum volare bezeichnetes Band entspringt an der Basis des Proc. styloideus ulnae und am volaren Rand des Discus articularis; es befestigt sich am Triquetrum und Lunatum (s. Fig. 384).

Das Lig. collaterale carpi ulnare entspringt vom Proc. styloideus ulnae und setzt am Triquetrum sowie Pisiforme an. Das Lig. collaterale carpi radiale (nach H. Virchow nicht regelmäßig vorhanden) entspringt am Proc. styloideus radii und zieht zum Naviculare.

Die Blutgefäße des Gelenkes kommen vom Rete carpi dorsale und volare. Die Nerven vom R. interosseus volaris des N. medianus und vom R. profundus des N. ulnaris, sowie vom R. interosseus dorsalis des N. radialis und vom Ramus dorsalis manus des N. ulnaris.

b) Distales Handgelenk, Articulatio intercarpea.

Die artikulierenden Knochen sind die proximale Reihe der durch Ligg. intercarpea interossea verbundenen Handwurzelknochen mit Ausnahme des Pisiforme und die distale ebenfalls durch Zwischenknochenbänder verbundene Reihe.

Die artikulierenden Flächen sind die distalen Gelenkflächen des Naviculare, Lunatum, Triquetrum und die proximalen Gelenkflächen des Multangulum majus, minus, Capitatum, Hamatum. Die Gelenkfläche der proximalen Reihe verläuft in querer Richtung wellenförmig, und zwar zunächst im radialen Teil konvex ($^1/_3$), im mittleren Teil tief konkav (fast $^2/_3$) und im äußersten ulnaren Teil wieder konvex. Die Krümmung in dorsovolarer Richtung ist an den einzelnen Knochen sehr verschieden. Die Knorpeldicken sind ebenfalls sehr verschieden (näheres s. Werner)[1]. Die Gelenkfläche der distalen Reihe ist entgegengesetzt gekrümmt; der konvexen Fläche des Naviculare stehen Multangulum majus und minus mit einer konkaven Fläche gegenüber. In die tiefe Pfanne, gebildet vom Naviculare, Lunatum, Triquetrum, ragt stark proximalwärts vorspringend ein Gelenkkopf, gebildet vom Capitatum und Hamatum, herein. Er schiebt sich tief volarwärts unter das Lunatum und Triquetrum herunter. Die Krümmungen der einzelnen Flächen sind sehr verschieden, ebenso die Knorpeldicken (genaueres s. bei Fick und Werner).

Die Gelenkkapsel folgt den Rändern der Knorpelflächen, sie ist auf der Dorsalseite schlaffer, auf der Volarseite straffer. Die Gelenkhöhle ist buchtenreich; sie hängt oft (durch eine Spalte zwischen Lunatum und Naviculare) mit der Art. radiocarpea zusammen, ferner mit den Articulationes carpometacarpeae mit Ausnahme derjenigen des Daumens. Synovialfalten sind zahlreich vorhanden. Eine große Querfalte befindet sich auf der Dorsal- wie auf der Volarseite.

Von besonderen Einrichtungen sind vorhanden dorsale und volare Verstärkungsbänder, Ligg. intercarpea dorsalia und volaria. Von den volaren Verstärkungsbändern bilden die vom Capitatum nach allen Richtungen ausstrahlenden Faserzüge zusammen das Lig. carpi radiatum. Vom Lunatum kommen keine Bänder (H. Virchow, Fick). Außerdem ziehen volare Bänder vom Naviculare zum Multangulum majus. Auch die zum Capitatum ziehenden Züge des Lig. radiocarpeum volare dienen zur Verstärkung des distalen Handgelenkes. Die dorsalen Verstärkungsbänder sind auf der radialen Seite kräftiger als auf der ulnaren. Vom Triquetrum ziehen kräftige Züge zum Hamatum, während von der Dorsalfläche des Naviculare aus weder proximal- noch distalwärts nennenswerte Züge ausgehen. Dagegen spannt sich ein querverlaufendes Band, „Bogenband" (Fick), von der dorsalen rauhen Leiste des Naviculare zum Triquetrum aus. Es zieht quer über den vom Capitatum und Hamatum gebildeten Gelenkkopf der distalen Reihe hinweg und hält ihn in seiner Pfanne nieder. Von diesem Band ziehen distalwärts einzelne Bündel zu verschiedenen Knochen der distalen Reihe, welche H. Virchow nicht zu den Ligg. intercarpea zählt, während Fick sie dazu rechnet.

---

[1]) Werner, H.: Die Dicke der menschlichen Gelenkknorpel, Inaugural-Dissertation Berlin 1897.

Die Gefäße und Nerven dieses Gelenkes sind dieselben wie bei dem proximalen Handgelenk, s. S. 285.

Mechanik des Handgelenkes. Die beiden Handgelenke stellen nach R. Fick (Abhandl. math.-phys. Klasse k. sächsischen Ges. d. Wiss. Bd. XVI, 1901, und Handbuch Bd. III, 1911) eine Knochenkombination dar, die an der Leiche eine annäherungsweise allseitige Beweglichkeit besitzt nach Art eines Kugelgelenkes mit dem Drehpunkt in der Mitte des Kopfbeinkopfes. Aktive, d. h. willkürliche Drehungen der Mittelhand gegen den Unterarm um die Längsaxe (Pro- und Supinationen) sind aber beim Lebenden unmöglich, hingegen kann die Hand nicht nur dorsal-volarwärts, speichen-ellenwärts, sondern auch in beliebigen schrägen Richtungen bewegt werden. Bei allen Bewegungen geschehen in beiden Hauptgelenken Verschiebungen, bei allen ausgiebigen Bewegungen auch in den kleinen Gelenken zwischen den einzelnen Knochen der beiden Reihen.

Sehr verwickelt ist der Vorgang bei den Randbewegungen der Hand, der sogenannten Radial- und Ulnarabduktion, denn dabei erfolgt die Drehung der beiden Handwurzelreihen nicht einfach um eine senkrechte (dorso-volare) Axe, sondern jede Reihe dreht sich um eine zu den drei Hauptrichtungen schräge Axe. Es erfolgt nämlich, wie R. Fick mit Röntgenstrahlen beim Lebenden nachgewiesen hat, bei der Radialabduktion nicht nur eine seitliche Verschiebung, sondern auch eine Volarflexion und Pronation der proximalen Reihe. Die letztere ist an der lebenden Hand daran zu erkennen, daß das Kahnbein dabei volarwärts, das Dreieckbein dorsalwärts geht, so daß es am Handrücken vorspringt. Die Bewegungen der proximalen Reihe sind leicht zu verstehen, wenn man berücksichtigt, daß bei der Radialabduktion das Multangulum majus durch den Zug der betreffenden Muskeln an das distale Radiusende herangezogen wird. Dadurch zwingt es den radialen Teil des Kahnbeines, dessen Distalseite es radial-dorsalwärts anliegt, auszuweichen, es stößt ihn ulnarwärts und kippt ihn proximalwärts und volarwärts um, wie es die Fig. 386 zeigt. Das Kahnbein erfährt also eine seitliche, volarflexorische und pronatorische Drehung, die das mit ihm verbundene Mond- und Dreieckbein mitmachen müssen. Bei der Ulnarabduktion (Fig. 388) findet die entgegengesetzte Bewegung statt.

Die an der proximalen Reihe bei der Radial-Ulnarabduktion zu beobachtenden drei Teilbewegungen (Seitenverschiebung, Volar- bzw. Dorsalflexion, Pro- bzw. Supination) zeigen an, daß die Bewegung um eine schräge Axe erfolgt, die für die proximale Reihe von der Dorsalseite des Proc. styloideus radii durch die Kopfbeinmitte hindurch volarwärts zum Erbsenbein heraustritt. Die distale Reihe kann sich natürlich nicht um dieselbe Axe drehen, sonst käme die ganze Hand bei der Radialabduktion in Volarflexion und Pronation, sondern die distale Reihe macht bei der Radialabduktion zwar die gleichsinnige Seitendrehung, aber eine Dorsalflexion und Supination (dreht sich also um eine umgekehrt schräg verlaufende Axe), so daß die Wirkung der Volarflexion und Pronation der proximalen Reihe für den distalen Teil der Hand aufgehoben wird und dieser nur eine reine radiale Seitenbewegung zeigt. (Das Dreieckbein, Erbsenbein und die Vieleckbeine erfahren dabei, wie H. Virchow gezeigt hat, auch noch selbständige Verschiebungen.)

Einfacher ist der Bewegungsvorgang bei der Volar-Dorsalbeugung der Hand, da sich dabei beide Handwurzelreihen im wesentlichen in gleichem Sinne um eine quere Axe durch den Kopfbeinkopf drehen. (R. Fick.)

6. Erbsenbeingelenk, Articulatio ossis pisiformis. Figg. 384, 389.

Die artikulierenden Knochen sind das Os triquetrum und das Os pisiforme.

Die artikulierenden Flächen der beiden Knochen entsprechen einander der Größe nach, sie sind meist eiförmig, und zwar ist die Gelenkfläche am Triquetrum wenig gewölbt, während die des Pisiforme leicht ausgehöhlt erscheint.

Die Gelenkkapsel ist schlaff und dünn, so daß das Erbsenbein eine sehr große Beweglichkeit besitzt; sie heftet sich, abgesehen vom distalen Rand, dicht an den Rändern der Gelenkflächen an.

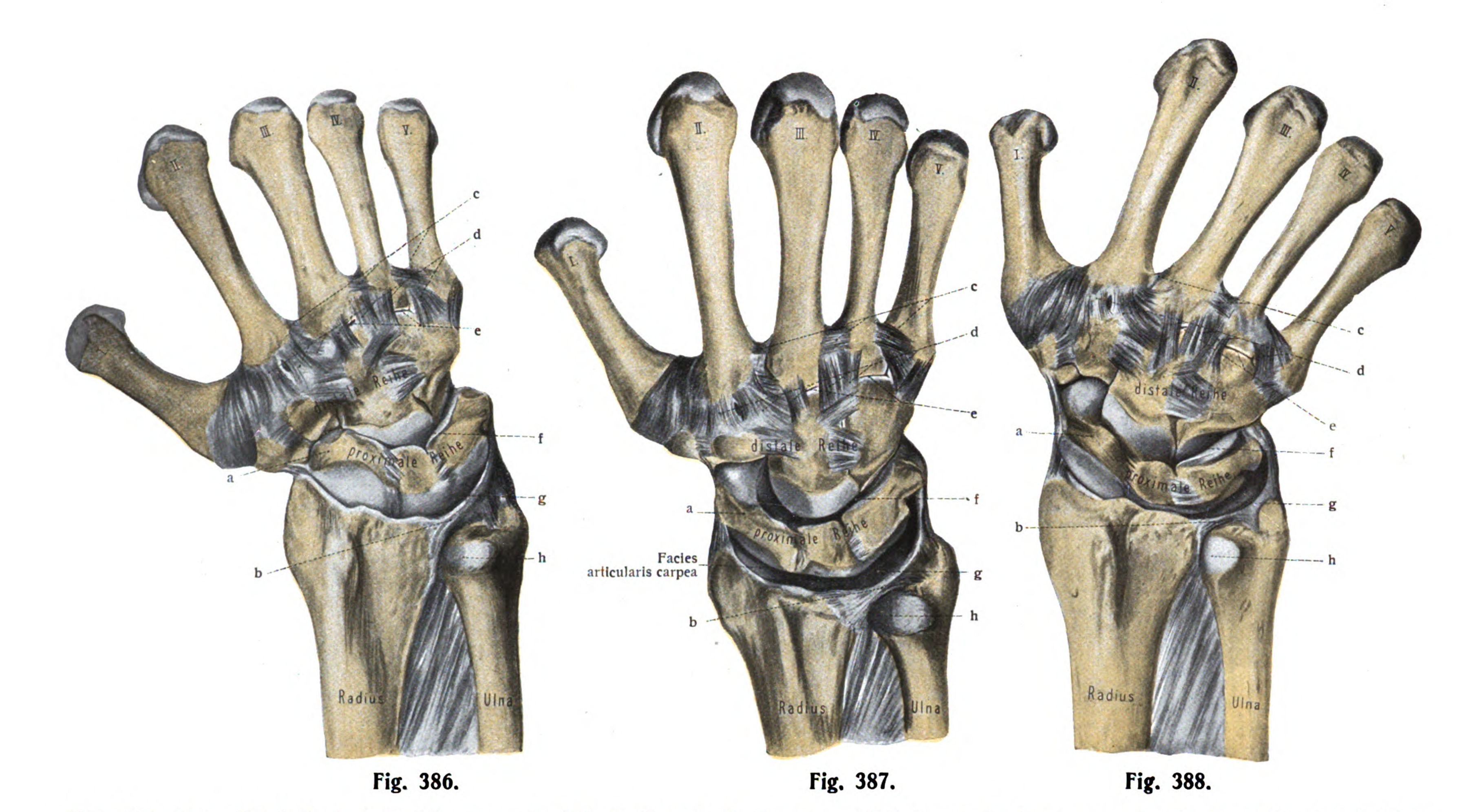


Fig. 386. Fig. 387. Fig. 388.

Figg. 386—388. **Handgelenk,** Articulatio manus, in drei verschiedenen Stellungen, zur Erläuterung der Bewegungen der Handwurzelknochen **bei** der radialen und bei der ulnaren Abduction.

Fig. 387. Ausgangsstellung: Die artikulierenden Flächen sind auseinandergezogen, um die Gelenkspalten deutlich zeigen zu können. Fig. 386. Radiale Abduction Fig. 388. Ulnare Abduction. Man beachte besonders die Stellung des Os naviculare *a*. In allen Figuren bedeutet *a* das Os naviculare; *b* den Discus articularis; *c* die Ligg. basium dorsalia; *d* die Ligg. carpometacarpea dorsalia; *e* die Articulationes carpometacarpeae; *f* die Articulatio intercarpea; *g* die Articulatio radiocarpea; *h* die Circumferentia articularis der Ulna.

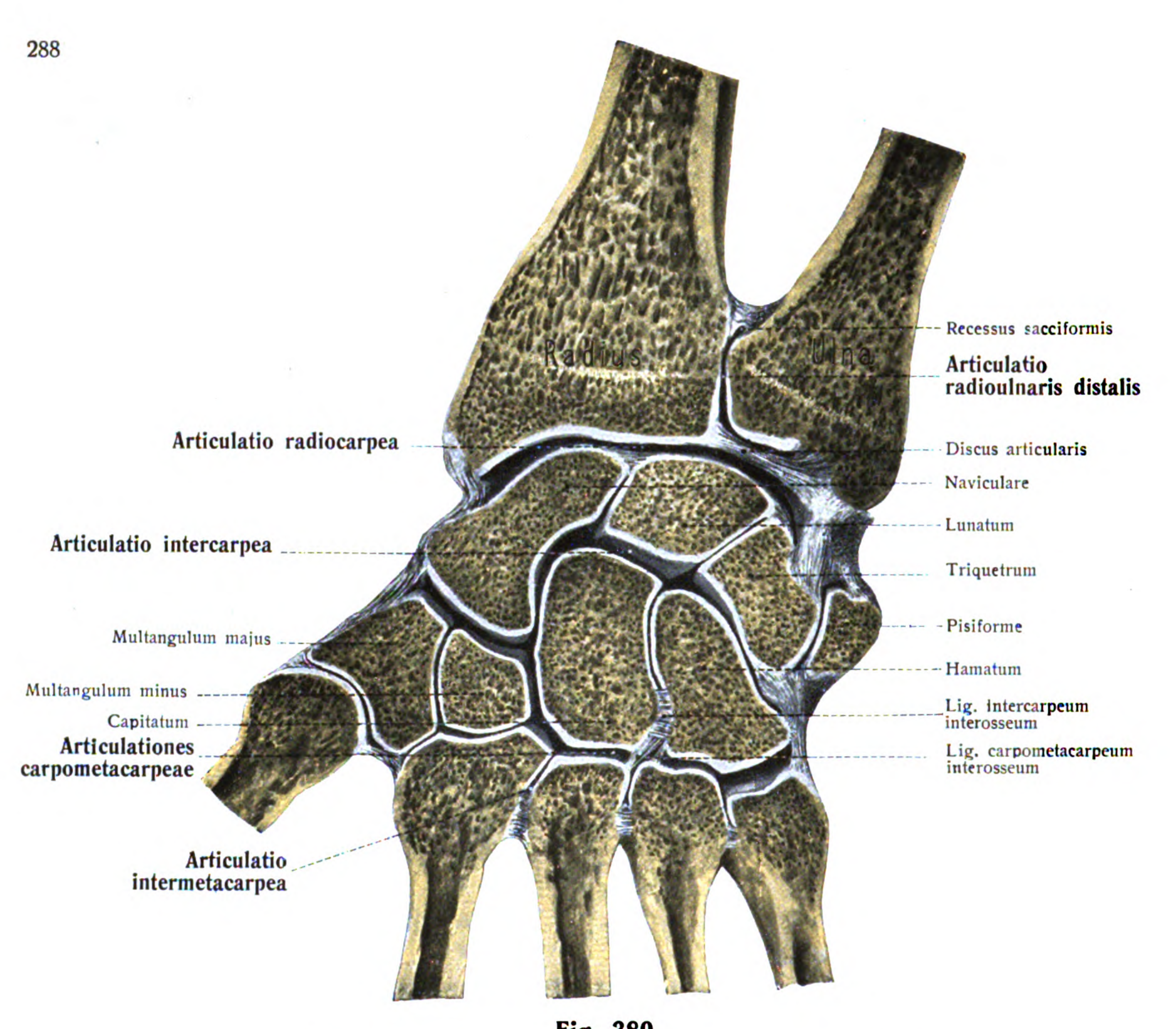


Fig. 389.
Gelenke der linken Hand, Articulationes manus (1/1).
Eröffnung der Gelenke durch Abraspeln der dorsalen Teile am gefrorenen Präparat.

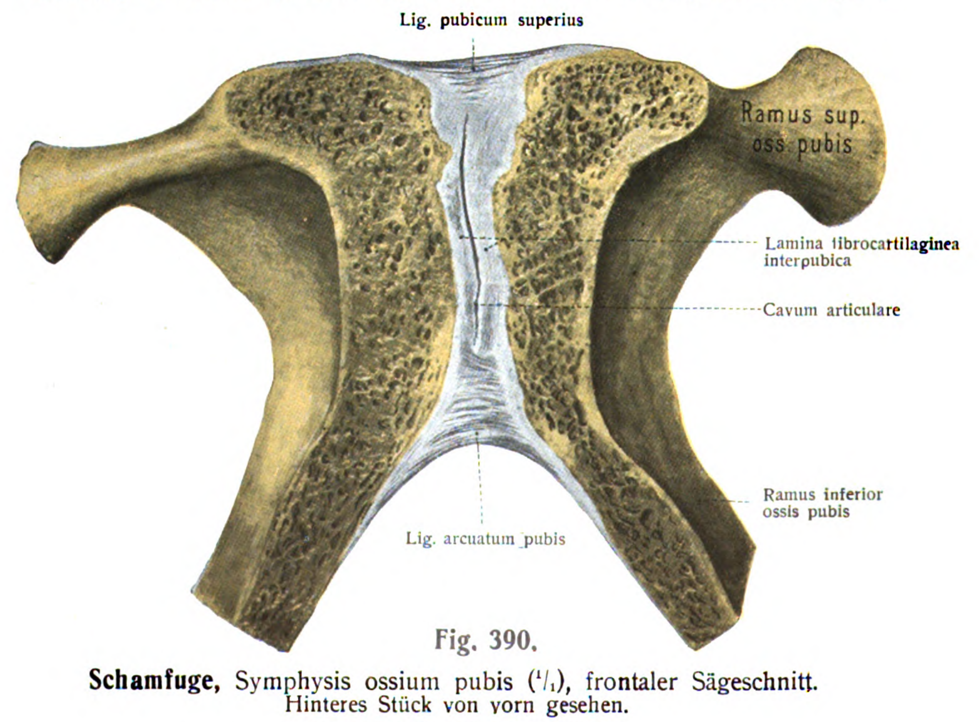


Fig. 390.
Schamfuge, Symphysis ossium pubis (1/1), frontaler Sägeschnitt.
Hinteres Stück von vorn gesehen.

Die Gelenkhöhle steht fast in einem Drittel der Fälle mit der Art. radiocarpea in Zusammenhang.

Von besonderen Einrichtungen sind am Gelenk selber keine vorhanden, doch finden vier Bänder am Erbsenbein Ansatz oder Ursprung und beeinflussen seine Bewegungen. Es sind dies das Lig. collaterale ulnare, dann zwei Bänder, welche gewissermaßen die Fortsetzungen der an das Erbsenbein ansetzenden Sehne des M. flexor carpi ulnaris sind, das Lig. pisohamatum, welches zum Hamulus ossis hamati zieht, und das Lig. pisometacarpeum, welches zur Basis der Metacarpalia IV und V zieht, dazu kommt noch ein Zug zum Os capitatum, welcher einen Teil des Lig. carpi radiatum darstellt.

7. Handwurzel-Mittelhandgelenke, Articulationes carpometacarpeae.

Die fünf Ossa metacarpalia stehen miteinander und mit der distalen Reihe der Handwurzelknochen in Verbindung, und zwar bildet das Metacarpale pollicis mit dem Multangulum majus ein besonderes Gelenk, die Articulatio carpometacarpea pollicis, während die Gelenke der Metacarpalia II—V ein gemeinsames Gelenk, Artt. carpometacarpeae, bilden, welches mit der Articulatio intercarpea und mit den Artt. intermetacarpeae, d. h. den Gelenkspalten zwischen den einander zugekehrten seitlichen Gelenkflächen an den Basen der Metacarpalia II—V zusammenhängt.

a) Handwurzel-Mittelhandgelenk des Daumens, Articulatio carpometacarpea pollicis.

Figg. 384, 385, 389.

Die artikulierenden Knochen sind das Os multangulum majus und das Os metacarpale I.

Die artikulierenden Flächen sind Sattelflächen. Die Krümmungen am Multangulum majus sind dorsovolarwärts konvex, radialulnarwärts konkav. Umgekehrt verhalten sich die Krümmungen an der Gelenkfläche des Metacarpale I. Die Krümmungsradien am Multangulum sind nach R. du Bois-Reymond für die Konkavität 18 mm, für die Konvexität 8 mm, am Metacarpale für beide Krümmungen 12,5 mm. Die Knorpeldicke am Multangulum beträgt 0,6—0,9 mm, am Metacarpale 0,6—0,8 mm.

Die Gelenkkapsel ist weit und schlaff, aber fest; auf der Dorsalseite stärker als auf der Volarseite; sie ist ziemlich nahe den Knorpelrändern angeheftet, nur am ulnaren Teil des Metacarpale entfernt sie sich etwas weiter vom Rand (4 mm, Fick).

Die Gelenkhöhle ist rings herum völlig abgeschlossen, sie steht mit keinem anderen Gelenk in Verbindung.

b) Das gemeinsame Handwurzel-Mittelhandgelenk, Articulationes carpometacarpeae.

Figg. 384—389.

Die artikulierenden Knochen sind das Multangulum majus, minus, Capitatum, Hamatum und die Metacarpalia II—V.

Die artikulierenden Flächen sind die distalen Gelenkflächen der genannten Carpalia und die Gelenkflächen an den Basen der Metacarpalia. Fick bezeichnet die sehr unregelmäßigen Flächen sämtlich als modifizierte Sattelgelenkflächen; besonders deutlich wird dies am Gelenk zwischen Hamatum und Metacarpale V, während für die anderen Einzelgelenke diese Betrachtung nicht so einleuchtend erscheint.

Die Gelenkkapsel folgt den Rändern der Gelenkflächen und hängt mit den Kapseln der Articulationes intercarpeae und intermetacarpeae zusammen. Sie ist straff am Metacarpale II, III, lockerer am Metacarpale IV, am weitesten am Metacarpale V.

Die Gelenkhöhle hängt mit den Articulationes intercarpeae und intermetacarpeae zusammen; sie ist eng im Bereich der Metacarpalia II, III, weiter im Bereich des IV., am weitesten beim V. Metacarpale. (Über Synovialfalten s. Fick, über Knorpeldicken vergl. Werner.)

An besonderen Einrichtungen sind vorhanden dorsale und volare Verstärkungsbänder, Ligg. carpometacarpea dorsalia und volaria. Von den volaren sind die querverlaufenden stärker als die distalwärts gerichteten, welche zum Teil das Lig. carpi radiatum bilden helfen. Die kurzen und festen dorsalen Bänder verlaufen wesentlich distalwärts.

Mechanik der Handwurzel-Mittelhandgelenke. Die Art. carpometacarpea pollicis ist das vollkommenste Sattelgelenk des menschlichen Körpers. In bezug auf die in ihm möglichen Bewegungen kann es infolge der weiten aber festen Kapsel als Kugelgelenk angesehen werden. Die Artt. carpometacarpeae des vierten und fünften Fingers sind ebenfalls Sattelgelenke. Die des zweiten und dritten Fingers sind Amphiarthrosen. Das zweite und dritte Metacarpale bilden mit dem Multangulum majus, minus, Capitatum funktionell eine Einheit.

Die geringste Beweglichkeit besitzt (R. Fick) der Mittelhandknochen des Mittelfingers, dann folgt der des Zeigefingers. Der vierte und fünfte Mittelhandknochen zeigen etwas freiere „Wackelbewegung".

8. Die Zwischen-Mittelhandgelenke, Articulationes intermetacarpeae. Figg. 384–389.

Es gibt nur drei solcher Gelenke. Sie werden gebildet von den aneinanderstoßenden seitlichen Flächen der Basen der Metacarpalia II—V. Ihre Gelenkkapseln und Gelenkhöhlen stehen, wie schon gesagt, mit der Kapsel und der Höhle der Artt. carpometacarpeae in Verbindung.

Von besonderen Einrichtungen sind vorhanden kräftige dorsale und volare Verstärkungsbänder, Ligg. basium dorsalia und volaria, welche in querer Richtung zwischen den Basen der Metacarpalia II—V verlaufen, ferner Zwischenknochenbänder, Ligg. basium interossea, welche distalwärts von den Gelenken liegen. Die Gefäße und Nerven der unter 7 und 8 genannten Gelenke stammen von den benachbarten Gefäßen und Nerven.

9. Die Grundgelenke der Finger, Articulationes metacarpophalangeae. Figg. 382, 385.

Die artikulierenden Knochen sind die fünf Ossa metacarpalia und die Grundphalangen der Finger.

Die artikulierenden Flächen sind die Köpfchen der Mittelhandknochen und die Pfannen der Basen an den Grundphalangen.

Die Gelenkköpfchen der Mittelhandknochen sind ungefähr kugelig, doch sind sie an der radialen und der ulnaren Seite abgeschnitten. Der Krümmungshalbmesser beträgt bei den Metacarpalia II—V etwa 7—9 mm, wobei zu bemerken ist, daß die volaren Teile der Gelenkfläche eher weniger stark gewölbt sind. Der Bogenwert der Gelenkfläche beträgt in dorsovolarer Richtung ungefähr 180°. Die Knorpeldicken sind an den einzelnen Knochen verschieden (0,5—0,8 mm am II., 0,7—1,4 am III., 0,5—0,9 am IV. und V. Metacarpale). Die größte Dicke des Knorpels befindet



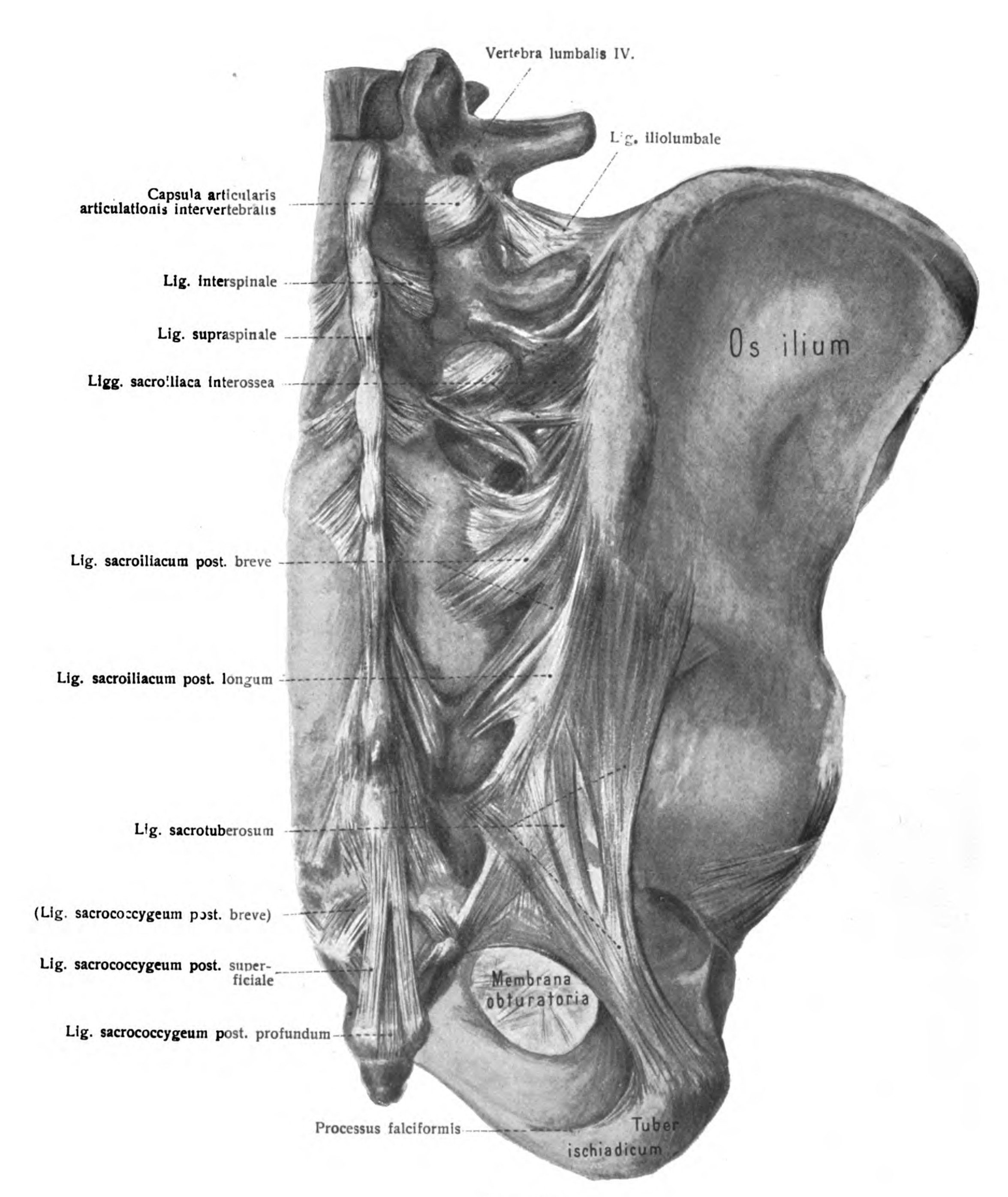


Fig. 391.
Bänder zwischen Wirbelsäule und rechter Beckenhälfte ($^2/_3$)
von hinten.

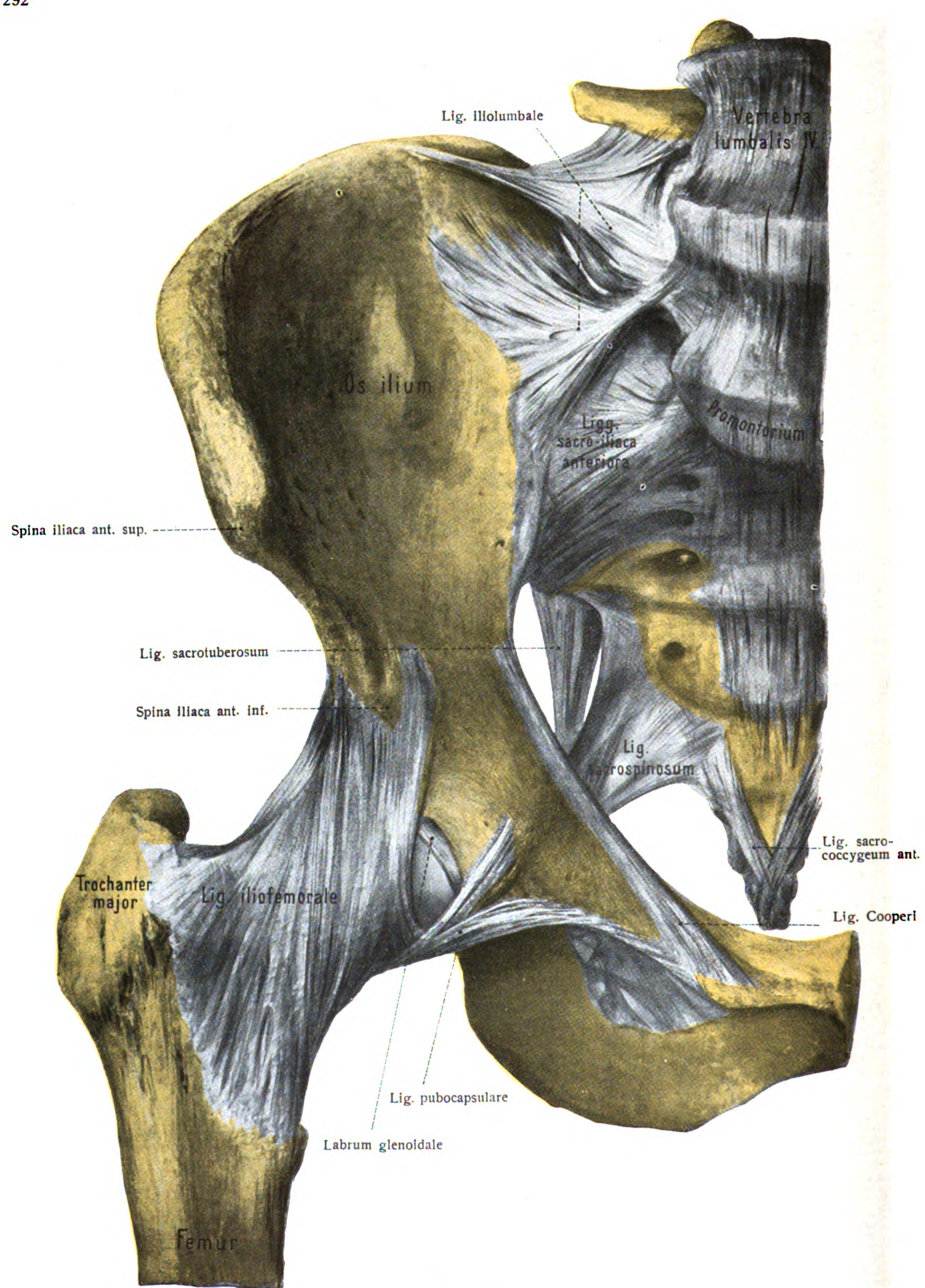


Fig. 392.
Bänder zwischen Wirbelsäule und rechter Beckenhälfte von vorn (2/3).
Hüftgelenk, Articulatio coxae, von vorn.

sich an der Grenze zwischen volarem und mittlerem Drittel der Gelenkfläche. Die eiförmigen, quergestellten Pfannen der Grundphalangen sind kleiner und flacher als die Köpfchen. Der Krümmungshalbmesser beträgt nach Fick fast 26 mm, der Bogenwert der Fläche 20°, die Knorpeldicke 0,5—0,8 mm am II., 0,7—0,9 am III., 0,5—0,7 am IV., 0,5—0,9 mm am V. Finger.

Die Gelenkkapsel ist schlaff, sie setzt auf der Dorsalseite dicht am Knorpel, auf der Volarseite in etwas weiterer Entfernung vom Knorpel an. Die Gelenkhöhle ist weit. In der Umgebung der Pfanne verläuft eine Fettfalte.

Von besonderen Einrichtungen sind vorhanden zunächst außerordentlich starke Seitenbänder, Ligamenta collateralia, und zwar ein ulnares sowie ein radiales. Im Verhältnis zur Größe des Gelenkes sind dies wohl die mächtigsten Seitenbänder des Körpers. Sie entspringen in tiefen, seitlich und dorsalwärts gelegenen Gruben und Höckern an den Köpfchen der Metacarpalien und ziehen in schräger Richtung distal-volarwärts zu den Höckern seitlich am Pfannenrand der Grundphalanx. Das radiale Seitenband ist meist stärker als das ulnare. Etwas weiter volarwärts vom Ursprung der Ligg. collateralia entspringen Faserzüge, welche bogenförmig und unter fächerförmiger Verbreiterung auf die volare Fläche der Gelenkkapsel ausstrahlen, Ligg. accessoria volaria. Außerdem wird die Volarfläche der Kapsel verstärkt durch eine mächtige, aus queren Faserzügen gebildete volare Faserknorpelplatte, Lamina fibrocartilaginea volaris (Fick), welche nur am volaren Rand der Gelenkpfanne der Grundphalanx entspringt. Sie ist 1 cm breit, 1,5 cm lang; sie wird von manchen Autoren als eine Art Gelenklippe betrachtet. Ihre volare Fläche dient den Beugesehnen zur Unterlage, ihr proximales Ende setzt sich seitwärts fort in die Zwischenköpfchenbänder.

Die Zwischenköpfchenbänder, Ligg. capitulorum transversa, nehmen eine besondere Stellung ein. Sie spannen sich, ungefähr 1 cm breit, an der volaren Fläche zwischen den Köpfchen der Metacarpalia II—V aus, sind mit den Bändern der Articulationes metacarpophalangeae und mit den Fasern der Mm. interossei verbunden, welche dorsalwärts von ihnen liegen, während volarwärts die Mm. lumbricales sowie die volaren Gefäße und Nerven der Finger verlaufen. Sie hindern die Spreizung der Metacarpalia II—V.

Sesambeine. In der Kapsel der Articulatio metacarpophalangea pollicis liegen gewöhnlich zwei Sesambeine, von denen das radiale meist größer (7—8 mm) als das ulnare (4—5 mm) ist. Im Kleinfingergelenk befindet sich ein ulnares Sesambein in $^3/_4$ der Fälle. Auch an den anderen Gelenken können Sesambeine vorkommen. In maximo sind 7, in minimo 1 Sesambein in allen 5 Gelenken vorhanden (Pfitzner).

Die Gefäße und Nerven der Fingergrundgelenke stammen von den benachbarten dorsalen und volaren Gefäßen und Nerven.

Mechanik der Artt. metacarpophalangeae. Die Gelenke sind als Kugelgelenke anzusehen. Die in ihnen stattfindenden Bewegungen sind ausgehend von der Mittelstellung, bei welcher der Finger in der Verlängerung des Metacarpale steht: Dorsal- und Volarflexion, radiale und ulnare Abduktion sowie bei gestrecktem oder nur wenig volarflektiertem Finger eine geringe Kreiselung. Letztere ist bei starker Volarflexion nicht möglich durch die bei dieser Stellung stark gespannten Seitenbänder.

Im Daumengrundgelenk ist die Beweglichkeit meist kleiner als bei den anderen Fingern. (R. Fick.)

10. Die eigentlichen Fingergelenke, Articulationes digitorum manus.

Zwischen der Grund- und Mittelphalanx sowie zwischen letzterer und der Nagelphalanx befinden sich im ganzen neun gleichgebaute Fingergelenke. Fig. 385.

Die artikulierenden Flächen der distalen Enden der Grund- und Mittelphalangen sind Rollen, Trochleae, ähnlich der Trochlea humeri. Die entsprechenden Flächen an den Basen der Mittel- und Nagelphalangen sind flache, mit einer Führungsleiste versehene Pfannen. Figg. 382, 385.

Die Gelenkkapsel setzt bei der Pfanne dicht am Knorpelrand, bei der Trochlea etwas entfernt vom Knorpelrande an. Von besonderen Einrichtungen sind starke Seitenbänder, Ligg. collateralia, vorhanden. Sie entspringen aus Gruben seitlich und dorsalwärts von der Trochlea und ziehen schräg volarwärts und distalwärts zur Basis der entsprechenden Phalanx. Die dorsale Wand der Kapsel ist fest verbunden mit der Dorsalaponeurose der Streckmuskeln, die ventrale Wand enthält eine ähnliche Fasermasse wie die Grundgelenke der Finger.

Die Gefäße und Nerven stammen von den benachbarten Aa., Vv. und Nn. digitales.

Mechanik der Fingergelenke. Sie sind die reinsten Scharniergelenke des Körpers. Die in ihnen möglichen Bewegungen sind Volar- und Dorsalflexion (Beugung und Streckung). Sie erfolgen um die Krümmungsaxe der Trochlea.

VI. Bänder der unteren Extremität.

1. Beckengürtelverbindungen.

Am Beckengürtel gibt es nur eine eigene Bandverbindung, und zwar am Hüftbein, die Membrana obturatoria. Ventral wird die Verbindung der beiden Hüftbeine durch die Symphyse, Symphysis ossium pubis, bewirkt. Dorsal befinden sich Verbindungen mit dem Rumpf (genauer mit der Wirbelsäule), und zwar mit dem Kreuz- und Steißbein, sowie der Lendenwirbelsäule durch die Articulatio sacroiliaca und eine Anzahl von Bändern.

a) Eigene Bandverbindung des Hüftbeins.

α) Verstopfungshaut, Membrana obturatoria. Figg. 391, 392, 394, 397.

Sie verschließt das Foramen obturatum bis auf eine obere Lücke, welche zusammen mit dem Sulcus obturatorius der unteren Fläche des oberen Schambeinastes den Canalis obturatorius bildet. Die Membran entspringt vorn und hinten am scharfen Rand des Foramen obturatum, oben von der Crista obturatoria posterior (Waldeyer), unten von der hinteren Fläche des Os ischii. Die Faserbündel durchkreuzen sich in verschiedener Richtung, doch hat die Mehrzahl queren Verlauf. Die obersten Abschnitte der Membran, welche von der Crista obturatoria posterior entspringen, bilden den Boden des Canalis obturatorius. Die Membran besitzt an verschiedenen Stellen kleinere oder größere Lücken, welche von Fettgewebe ausgefüllt werden, und besondere stärkere Faserzüge, welche zum großen Teil von kleinen Höckerchen in der Nähe der Incisura acetabuli ausgehen und, nach vorn hin fächerförmig ausstrahlend, niedriger und feiner werden.

b) Verbindung der Hüftbeine miteinander.

α. Die Schamfuge, Symphysis ossium pubis. Figg. 390, 392.

Die beiden verbundenen Knochen sind das linke und das rechte Hüftbein, genauer das linke und das rechte Schambein.

Die verbundenen Flächen sind die Facies symphyseos des linken und des rechten Os pubis.

Diese Flächen sind etwas gewölbt und stehen einander so gegenüber, daß ihre unteren Teile weiter auseinanderstehen als die oberen.

Die Lamina fibrocartilaginea interpubica füllt den Raum zwischen den beiden gegenüberstehenden Flächen aus. Sie besteht am Knochen aus einer 2—3 mm

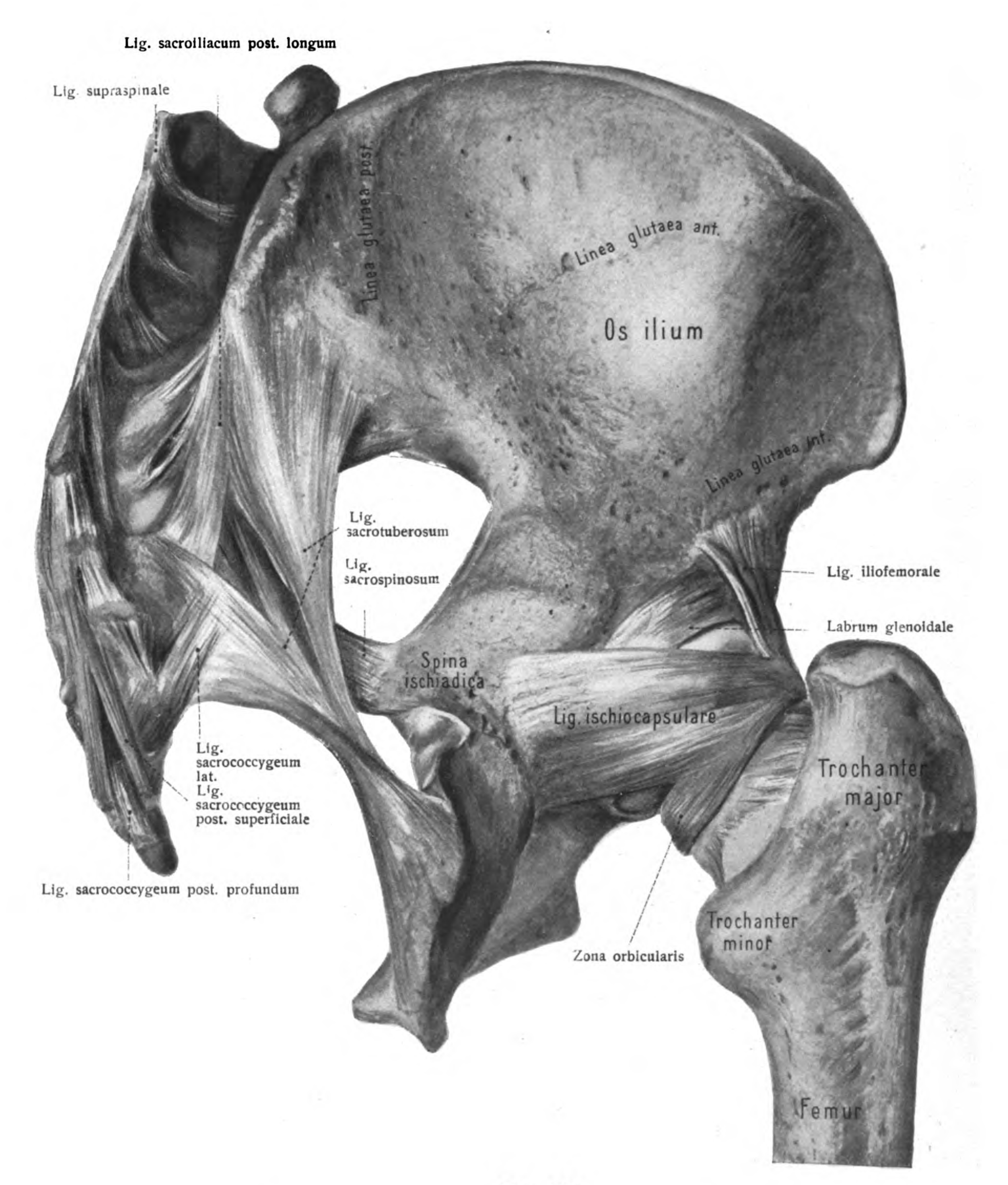


Fig. 393.
Bänder zwischen Wirbelsäule und rechter Beckenhälfte.
Rechtes Hüftgelenk, Articulatio coxae (2/3),
von hinten.

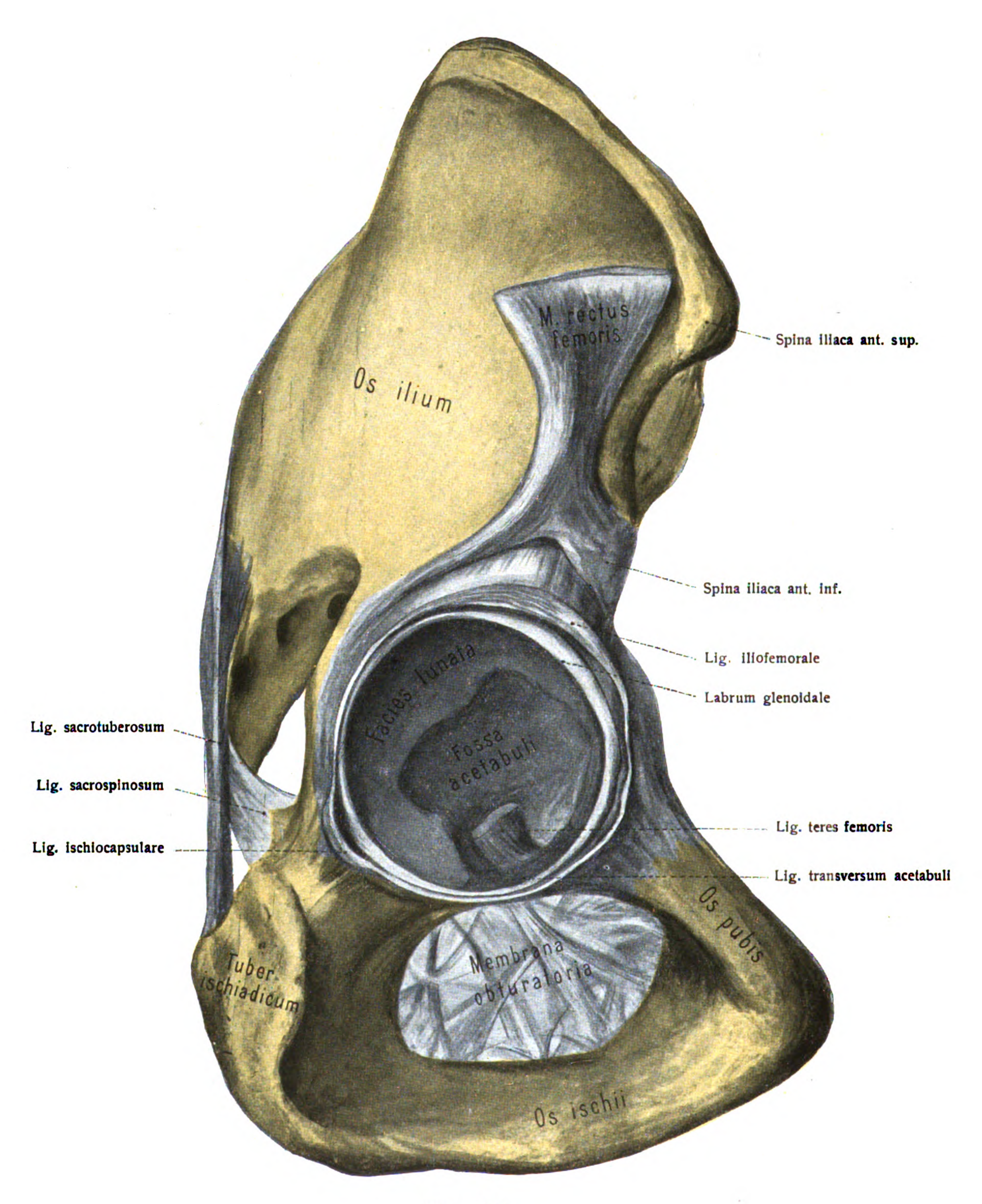


Fig. 394.
Hüftgelenkpfanne ($^2/_3$).

dicken Schicht von hyalinem Knorpel, im Innern aus Faserknorpel. „zentrale Zwischenscheibe" (Fick), und enthält konstant (Fick, Anat. Anz. XIX, 1901) einen Hohlraum (Cavum symphyseos, Fick). Bei Kindern ist die Knorpelschicht, bei Erwachsenen die zentrale Zwischenscheibe stärker. Nach der Beckenhöhle hin springt ein Wulst, Eminentia retropubica, vor, welcher sich in der Schwangerschaft vergrößern soll.

An besonderen Einrichtungen sind vorhanden das Lig. pubicum superius und das Lig. arcuatum pubis. Ersteres befindet sich am oberen Rand der Symphyse und ist fest mit der Lamina fibrocartilaginea verwachsen. Es erstreckt sich seitlich bis zum Tuberculum pubicum und strahlt aus in das Lig. pubicum Cooperi (Fig. 392). Das Lig. arcuatum pubis ist dreiseitig prismatisch und auf dem Querschnitt ungefähr 1 cm hoch; es liegt am unteren Rand der Symphyse und rundet den Angulus bezw. Arcus pubis aus. Bei Männern ist es deshalb nur 2 cm, bei Weibern 3—3½ cm lang. Sein unterer Rand kann außerordentlich scharf sein.

Die Beweglichkeit der Schamfuge ist sehr gering; sie beschränkt sich auf ein sehr geringfügiges Wackeln und auf eine minimale Federung.

Die Gefäße stammen von den Rami pubici der Aa. epigastrica inf., obturatoria, femoralis.

c) Verbindungen der Hüftbeine mit dem Rumpf.

α. Das Kreuzdarmbeingelenk, Articulatio sacroiliaca. Figg. 391—396.

Die artikulierenden Knochen sind das Kreuzbein und das Hüftbein, genauer das Darmbein.

Die artikulierenden Flächen sind die Facies auriculares der genannten Knochen.

Die Gestalt beider Flächen ist, wie der Name besagt, ohrförmig. Größe und Form der Gelenkflächen sind individuell sehr verschieden, ebenso die Lage zu den Wirbeln des Kreuzbeins (s. oben S. 58—60). Auch die Oberflächengestaltung ist verschieden, sie erscheint unregelmäßig höckerig. Der Knorpel ist an der Kreuzbeinfläche bedeutend dicker (1—4 mm) als an der Darmbeinfläche (0,3—0,6 mm). Am Darmbein findet sich als Überzug fast nur Faserknorpel, am Kreuzbein besteht aus diesem die der Gelenkhöhle zugewendete Fläche, während die tieferen Schichten von hyalinem Knorpel gebildet werden.

Die Gelenkkapsel entspringt an den Sulci paraglenoidales, sie ist so straff gespannt, daß sie als Fortsetzung des Periostes erscheint. Sie wird hinten ersetzt durch das Lig. sacroiliacum interosseum.

Die Gelenkhöhle ist eng, spaltförmig; in sie hinein ragen faserige Fortsätze der Knorpelwand und einige Synovialzotten von der Kapsel her.

Von besonderen Einrichtungen sind eine Anzahl Bänder vorhanden, und zwar als direkte Verstärkungsbänder ventral die Ligg. sacroiliaca antt., dorsal das Lig. sacroiliacum posterius longum, das Lig. sacroiliacum posterius breve, die Ligg. sacroiliaca interossea.

Als indirekte Verstärkungsbänder dienen: Lig. iliolumbale, Lig. sacrospinosum, Lig. sacrotuberosum.

Die Ligg. sacroiliaca antt., meist nicht besonders stark, liegen auf der Beckenseite der Gelenkkapsel, sie gehen von der Facies pelvina des Kreuzbeins zum Darmbein. Das Lig. sacroiliacum posterius longum (Fig. 393) zieht vom Rand des Kreuzbeins im Bereich des dritten und vierten Kreuzwirbels zur Spina iliaca post. sup. steil aufwärts. Es ist ungefähr 1 cm breit. Sein lateraler Rand hängt mit der oberen Ausstrahlung des Lig. sacrotuberosum zusammen, der mediale Rand ist in Verbindung mit der Aponeurosis lumbodorsalis. Von diesem Bande zum größten Teil bedeckt liegt das Lig. sacroiliacum post. breve, welches medianwärts neben ihm etwas zum Vorschein kommt. Es entspringt an den Cristae sacralis lat. und articularis und befestigt sich an der Spina iliaca post. inf. Die Faserzüge überbrücken die Foramina sacralia postt. und decken sie zum Teil zu. Die Ligg. sacroiliaca interossea füllen die tiefe Grube zwischen der Tuberositas iliaca und der Tuberositas sacralis aus. Es sind zahlreiche einzelne, in mannigfachen

Richtungen sich kreuzende, aber wesentlich quer verlaufende Faserbündel, zwischen denen sich viel Fettgewebe befindet, Figg. 391, 396.

Das Lig. iliolumbale entspringt von den Querfortsätzen der beiden unteren Lendenwirbel und strahlt auf die Crista iliaca und die anstoßenden Teile der Vorder- und der Hinterfläche des Darmbeins aus. Das Lig. sacrotuberosum hat fächerförmige Gestalt. Es befestigt sich an der Innenfläche des Tuber ischiadicum und entspringt am Seitenrande des Kreuz- und Steißbeines. Es reicht hinauf bis zur Spina iliaca posterior inferior und superior.

Vom Tuber ischiadicum läuft ein dem Bande zugehöriger Faserzug dem unteren Sitzbeinaste entlang vorwärts: Processus falciformis (Fig. 391). Mit ihm verbindet sich die Fascia obturatoria. Das Lig. sacrospinosum, kürzer und schwächer als das vorige, läuft teilweise vor letzterem her und verbindet sich dabei mit ihm. Seine Basis ist ebenfalls am Seitenrand des Kreuz- und Steißbeines befestigt, seine Spitze dagegen an der Spina ischiadica.

Durch die beiden letztgenannten Bänder werden aus der Incisura ischiadica major und minor zwei Löcher, Foramen ischiadicum majus und minus, gebildet. Durch das Foramen ischiadicum majus zieht hindurch der M. piriformis und läßt von diesem Loch nur einen oberen und einen unteren Teil übrig, Foramen suprapiriforme und infrapiriforme (Waldeyer). Durch das Foramen suprapiriforme ziehen hindurch die A., V., N. glutaeus sup., durch das Foramen infrapiriforme die A., V., N. glutaeus inf., der N. ischiadicus, der N. cutaneus femoris post., die A., V. pudenda int., N. pudendus. Letztere drei liegen auf der Außenfläche des Lig. sacrospinosum und treten durch das Foramen ischiadicum minus in die Fossa ischiorectalis. Durch das Foramen ischiadicum minus zieht außerdem noch der M. obturator internus.

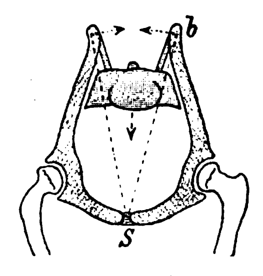


Fig. 395.
Schema der Beckenkonstruktion. *b* hinterer Rand des Darmbeins mit der Insertion der Ligg. sacroiliaca interossea; *S* Symphysis ossium pubis. (Von H. Meyer.)

Das Kreuzdarmbeingelenk ist eine fast unbewegliche Knochenverbindung; sie steht auf der Grenze zwischen Synarthrosen und Diarthrosen und stellt funktionell eine Symphyse dar.

Die Gefäße der Articulatio sacroiliaca stammen von den Vasa iliaca intt., die Nerven kommen von allen benachbarten Stämmen.

Statik und Mechanik des Beckengürtels: Der Beckengürtel in Verbindung mit dem Kreuzbein stellt das Becken dar. Das Becken kann als ein Voll- oder Tonnengewölbe betrachtet werden, da es vollkommen in sich geschlossen ist. Oder man sieht es als einfaches Gewölbe an, welches auf den Femurköpfen ruht. Seine Fußpunkte werden durch die vereinigten Schambeine verbunden, welche dem bei der Belastung des Gewölbes auftretenden Horizontalschube Widerstand leisten. Das Kreuzbein, welches die oberhalb gelegene Körperlast aufzunehmen hat, bildet den Schlußstein des Gewölbes.

Dieser Schlußstein ist aber nicht von gewöhnlicher Art, denn er ist unten (vorn) breiter, als oben (hinten), wie Fig. 395 zeigt. Ohne weiteres vermag also das Kreuzbein den auf es ausgeübten Druck keineswegs auf die Seitenteile des Gewölbes fortzupflanzen. Wohl aber wird dieser Zweck in überraschender Weise erreicht durch die Art der Befestigung des Kreuzbeines am Beckengürtel. Die Gelenkkapsel der Articulatio sacroiliaca für sich allein wäre viel zu schwach, den vorhandenen Aufgaben zu genügen. An der dorsalen Wand der Verbindung sind aber jene mächtigen Bandmassen angebracht, welche oben als Ligg. sacroiliaca interossea erwähnt wurden. Durch sie ist das Kreuzbein hinten oben zwischen den Hüftbeinen aufgehängt. Wirkt nun ein Druck von oben auf das Kreuzbein, so werden die genannten Bänder sofort gespannt und ziehen die hinteren Abschnitte der Darmbeine (bei *b*) medianwärts. Dadurch wird aber das Kreuzbein zwischen beiden Hüftbeinen eingeklemmt, und zwar um so stärker, je größer die Belastung ist. So ist die ungewöhnliche Form des Schlußsteines verwertet zum Vorteil der Verbindung. Was noch die Symphysis ossium pubis betrifft, so geraten ihre Bandmassen bei der Belastung in Spannung, um dem Horizontalschube zu begegnen.

R. Fick macht darauf aufmerksam, daß der für die Übertragung der Rumpflast in Betracht kommende Teil des Kreuzbeines, d. h. der Gelenkteil, in der frontalen Schwer(lot)ebene auch die für einen „Schlußstein“ passende Keilgestalt mit dorsaler breiterer Basis hat.

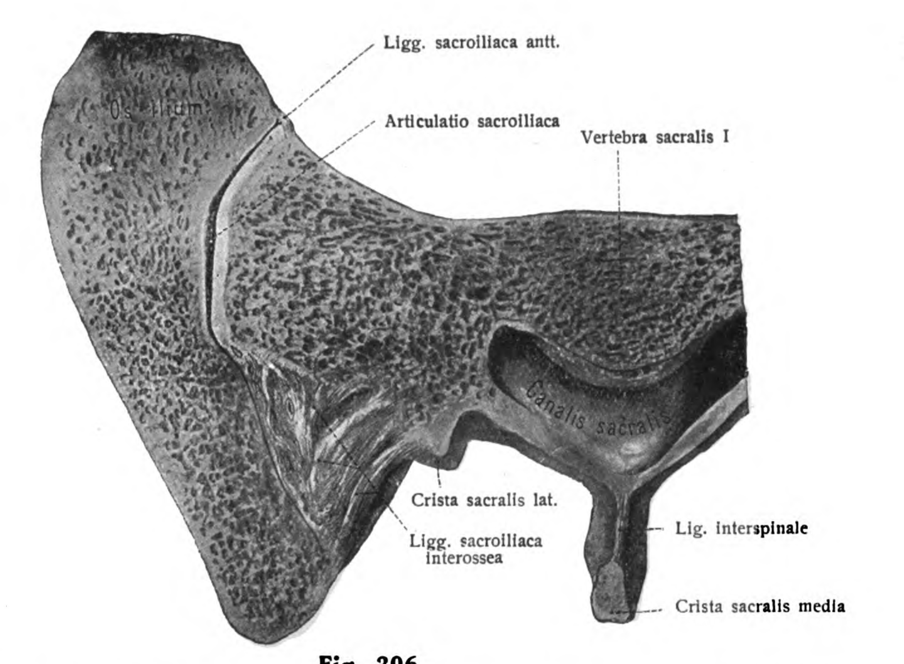


Fig. 396.
Linkes Kreuzdarmbeingelenk, Articulatio sacroiliaca (1/1) transversaler Sägeschnitt, unteres Stück von oben gesehen.

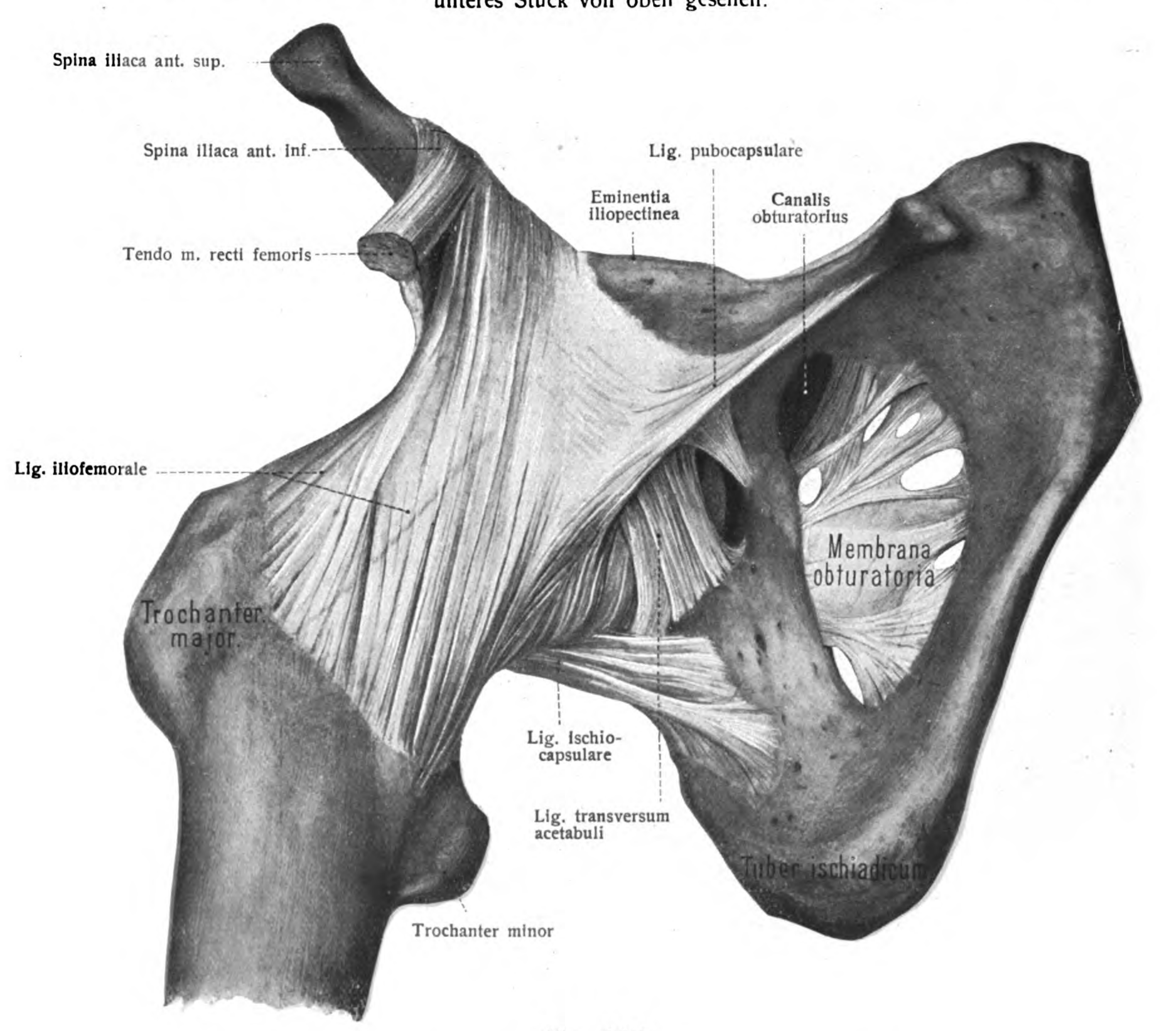


Fig. 397.
Hüftgelenk, Articulatio coxae, von vorn-unten (4/5).

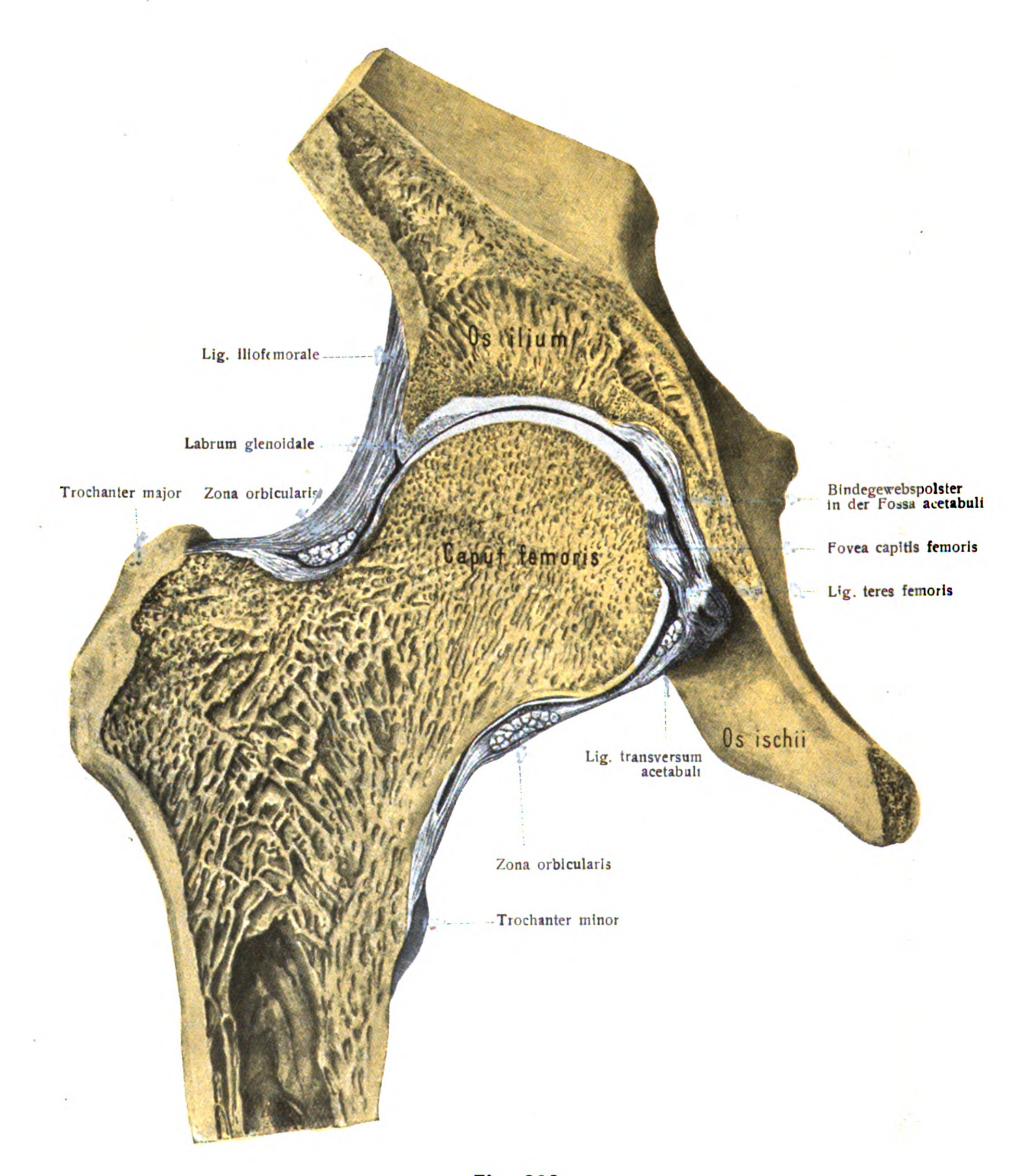


Fig. 398.

Rechtes Hüftgelenk, Articulatio coxae, Frontalschnitt (9/10).
Hintere Schnittfläche von vorn gesehen.

2. Das Hüftgelenk, Articulatio coxae. Figg. 392—394; 397—399.

Die artikulierenden Knochen sind das Hüftbein und das Oberschenkelbein.

Die artikulierenden Flächen sind das Caput femoris und die Facies lunata, vervollständigt durch das Lig. transversum acetabuli und das Labrum glenoidale. Die Hüftpfanne (Fig. 394) entspricht einem Hohlkugelabschnitt von 170—180°. Ihr Krümmungsradius beträgt ungefähr 2,5 cm. Von dieser Pfanne ist jedoch nur eine mondsichelförmige Zone, die Facies lunata, von Knorpel überzogen. Der breiteste Teil der Sichel (mehr als 2,5 cm) befindet sich am Pfannendach, gehört also dem Corpus ossis ilium an, die schmalste Stelle liegt im Bereich des Schambeinteils der Pfanne. Zwischen den Enden der Sichel liegt die Incisura acetabuli, überbrückt vom Lig. transversum acetabuli und dem Labrum glenoidale. In der Tiefe der Pfanne befindet sich die unregelmäßig vierseitige, von lockerem Bindegewebe und Fettgewebe erfüllte Fossa acetabuli und die Ursprungsstelle des Lig. teres femoris. Die Knorpeldicke der Facies lunata beträgt in der Nähe des Pfannenrandes 0,8—3 mm, in der Nähe der Fossa acetabuli 0,5—0,9 mm. Die größte Knorpeldicke befindet sich oben und hinten, die geringste unten und vorn. Die Incisura acetabuli wird zum größten Teil ausgefüllt durch das Lig. transversum acetabuli. (Fig. 397.) Es ist etwa 1 cm hoch, reicht aber nicht bis an den Grund des Ausschnittes, so daß hier eine Lücke zum Durchtritt von Gefäßen und Nerven bleibt. Rings am Rand des Acetabulum und des Lig. transversum befindet sich eine dreiseitig prismatische, aus Faserknorpel bestehende, $^1/_2$—1 cm breite Gelenklippe, Labrum glenoidale. Sie ist am knöchernen Rand der Pfanne befestigt, geht über in den Knorpel der Facies lunata und das Lig. transversum acetabuli. Ihr freier scharfer Rand ist enger als ihre Befestigungslinie. Die Tiefe der Pfanne vom Rand der Gelenklippe gerechnet ist größer als ihr Radius. Infolgedessen bilden Pfanne und Gelenklippe zusammen mehr als die Hälfte einer Hohlkugel.

Die Gelenkoberfläche des Caput femoris bildet etwa zwei Drittel einer Kugel; der Krümmungsradius beträgt beim Mann 2,6, beim Weib 2,4 cm (Fick). Er entspricht also genau der Krümmung seiner Pfanne. (Abweichungen von der Kugelgestalt kommen vor.) Die Knorpeldicke nimmt von der Mitte des Gelenkkopfes nach dem Rand allmählich ab (genauere Angaben s. Werner). Die Fovea capitis femoris liegt näher dem unteren als dem oberen Knorpelrande, in ihr befestigt sich das Lig. teres femoris. Fig. 398.

Die Gelenkkapsel ist dick und fest; sie entspringt am knöchernen Rand des Acetabulum und dem Lig. transversum acetabuli; sie befestigt sich am Oberschenkel vorn am Trochanter major und an der Linea intertrochanterica, hinten zwar ebenso weit vom Knorpelrand des Caput femoris entfernt als vorn, jedoch nicht an der Crista intertrochanterica, sondern etwa 1,5 cm weiter medianwärts. Der Verlauf ihrer oberflächlichen Fasern ist längs, die tieferen ziehen schräg, quer und ringförmig. Die dünnsten Stellen der Kapsel befinden sich zwischen den gleich zu schildernden Verstärkungsbändern und am Grund der Incisura acetabuli. Die Gelenkhöhle umgibt vorn den ganzen Schenkelhals, hinten die beiden medialen Drittel. Synovialfalten finden sich am Hals des Femur.

Von besonderen Einrichtungen sind vier Verstärkungsbänder der Kapsel vorhanden: Das Lig. iliofemorale (Bertini), pubocapsulare, ischiocapsulare und die Zona orbicularis; ferner sind hier noch zu erwähnen das Labrum glenoidale, das Lig. transversum acetabuli, das Lig. teres femoris und ein benachbarter Schleimbeutel, Bursa iliopectinea, welcher auf der Vorderfläche der Gelenkkapsel liegt und mit der Gelenkhöhle in Verbindung stehen kann. Das Lig. iliofemorale, das stärkste Band des menschlichen Körpers, entspringt an der Spina iliaca ant. inf. und läuft, sich fächerförmig ausbreitend, zum Trochanter major und zur Linea intertrochanterica. Es ist 6—8 cm lang, 0,5—1,4 cm dick, 2,5—3 cm breit. Die Ränder dieses Bandes sind besonders stark; ein dreiseitiges Mittelfeld ist am schwächsten, so daß die englischen und französischen Autoren dies Band als y- oder v-förmiges bezeichnen. Das Lig. pubocapsulare entspringt an der Crista obturatoria ant. vom Tuberculum pubicum an und strahlt fächerförmig in die Kapsel aus. Sein freier zugeschärfter Rand schneidet mit der äußeren Fläche des M. obturator ext. ab. Das Lig. ischiocapsulare liegt an der hinteren Fläche der Kapsel. Es entspringt breit

vom Os ischii; seine Fasern ziehen nach oben und lateralwärts in querer Richtung zur Kapsel und in die Zona orbicularis. Der Zug zirkulärer Fasern, Zona orbicularis (Weberi), liegt der Synovialkapsel dicht auf, umkreist sie und biegt am oberen und unteren Rande teilweise in die äußeren Längsfaserzüge um. Am stärksten sind die zirkulären Fasern in der Gegend der Mitte des Schenkelhalses.

Die Gefäße des Hüftgelenkes stammen von den Aa. circumflexae femoris medialis et lateralis, Aa. glutaeae sup. et inf. In das Acetabulum zieht ein Ast der A. obturatoria, die A. acetabuli, unter dem Lig. transversum acetabuli zum Gewebe in der Fossa acetabuli und in das Lig. teres femoris.

Die Nerven des Hüftgelenkes kommen vom N. femoralis, obturatorius und vom Plexus sacralis. Die Lymphgefäße führen ab zu den Lymphoglandulae hypogastricae.

Mechanik des Hüftgelenkes. Der Kopf des Femur übertrifft eine Halbkugel ansehnlich an Umfang, stellt jedoch keine reine Kugelfläche dar, sondern ist oben abgeplattet. Auch die Pfanne hat durch das Labrum glenoidale eine mehr als halbkugelige Tiefe erhalten. Das Gelenk gestaltet sich so zum Nußgelenk (Enarthrosis).

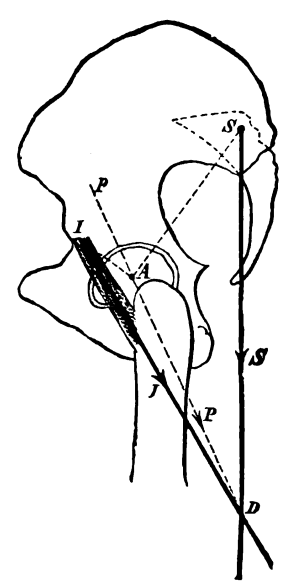


Fig. 399.

Schema der Beckenmechanik. Oberes *S* Schwerpunkt des aufrecht stehenden Körpers; unteres *S* Schwerlinie; *A* Mittelpunkt des Femurkopfes und Projektion der Hüftaxe; *I*—*I* Lig. iliofemorale (Bertini) und Verlängerung seiner Zugrichtung gegen die Schwerlinie; *D* Durchschneidungspunkt beider Linien; *P P* Linie des Axendruckes; *I A* Hebelarm des Lig. iliofemorale; *S A* Hebelarm der Körperlast. (Von H. Meyer.)

Die Bewegungen sind Kugelbewegungen um den Mittelpunkt des Schenkelkopfes.

Die Queraxe des Gelenkes ist die Flexionsaxe des Hüftgelenkes; die sagittale Axe stellt die Abduktionsaxe dar; eine aus dem Mittelpunkt des Femurkopfes abwärts in die Fossa intercondyloidea gezogene Linie ist die Kreiselungsaxe.

Eine Gerade, welche die Mittelpunkte beider Femurköpfe verbindet, heißt Hüftgelenkaxe oder Hüftaxe.

Das Hüftgelenk hat nicht allein die Aufgabe, die untere Extremität in freier Weise am Beckengürtel zu bewegen und damit die Flexionsebene des Knies in verschiedene Stellungen zu bringen; es dient nicht allein dazu, auf der festgestellten unteren Extremität den Rumpf zu bewegen, sondern es hat auch die Aufgabe, die Last der oberhalb gelegenen Körperteile zu tragen. Durch das Kreuzbein wurde in der Articulatio sacroiliaca die Schwere des Stammes auf das Hüftbein übertragen; von diesem aber findet im Hüftgelenk die Übertragung auf die untere Extremität statt. Eine genauere Prüfung dieses Verhältnisses führt nun zu der Frage, ob der aufgerichtete Stamm auf der Hüftaxe beständig in labiler Gleichgewichtslage balanciert und damit der Muskulatur eine ununterbrochene bedeutende Leistung zufällt, oder in welcher anderen Weise die Aufgabe etwa erfüllt wird. Nach H. Meyer fällt bei normaler Körperhaltung die Schwerlinie des Stammes nicht vor, auch nicht in die Hüftaxe, sondern hinter derselben herunter, wobei ein stärkeres Herabsinken (Retroflexion) des Beckens im Hüftgelenk durch die Spannung des Lig. iliofemorale gehindert wird.

Über die hier in Frage kommenden Verhältnisse orientiert Fig. 399. Der Schwerpunkt des ganzen Körpers liegt bei normaler Körperhaltung (H. Meyer) im Canalis sacralis, über dem zweiten Kreuzwirbel (S. 248). In diesem Punkt kann man sich also die Schwere des aufrechtstehenden Körpers vereinigt denken; von diesem Punkt fällt die Schwerlinie herab (Fig. 399 *SS*). Die im Kreuzbein wirkende Schwere zerlegt sich zwar nach beiden Hüftgelenken in zwei Teile, und an jedem Hüftgelenk wirkt auch ein Lig. iliofemorale. Indessen kann man, wie es in der Figur dargestellt ist, die rechts- und linksseitig wirkenden Kräfte zur Gewinnung einer Übersicht zu Mittelkräften vereinigen, welche in der Medianebene liegen: damit sind die mechanischen Verhältnisse des Apparates auf das einfachste Schema zurückgeführt. Man hat dann einen festgestellten Winkelhebel, an welchem die beiden Kräfte (Schwere und Bänderspannung) im Gleichgewicht stehen. Die Resultante beider Kräfte geht als Axendruck durch die Hüftaxe.

Es ergibt sich aus dieser Betrachtung die große mechanische Bedeutung der mächtigen Ligg. iliofemoralia.

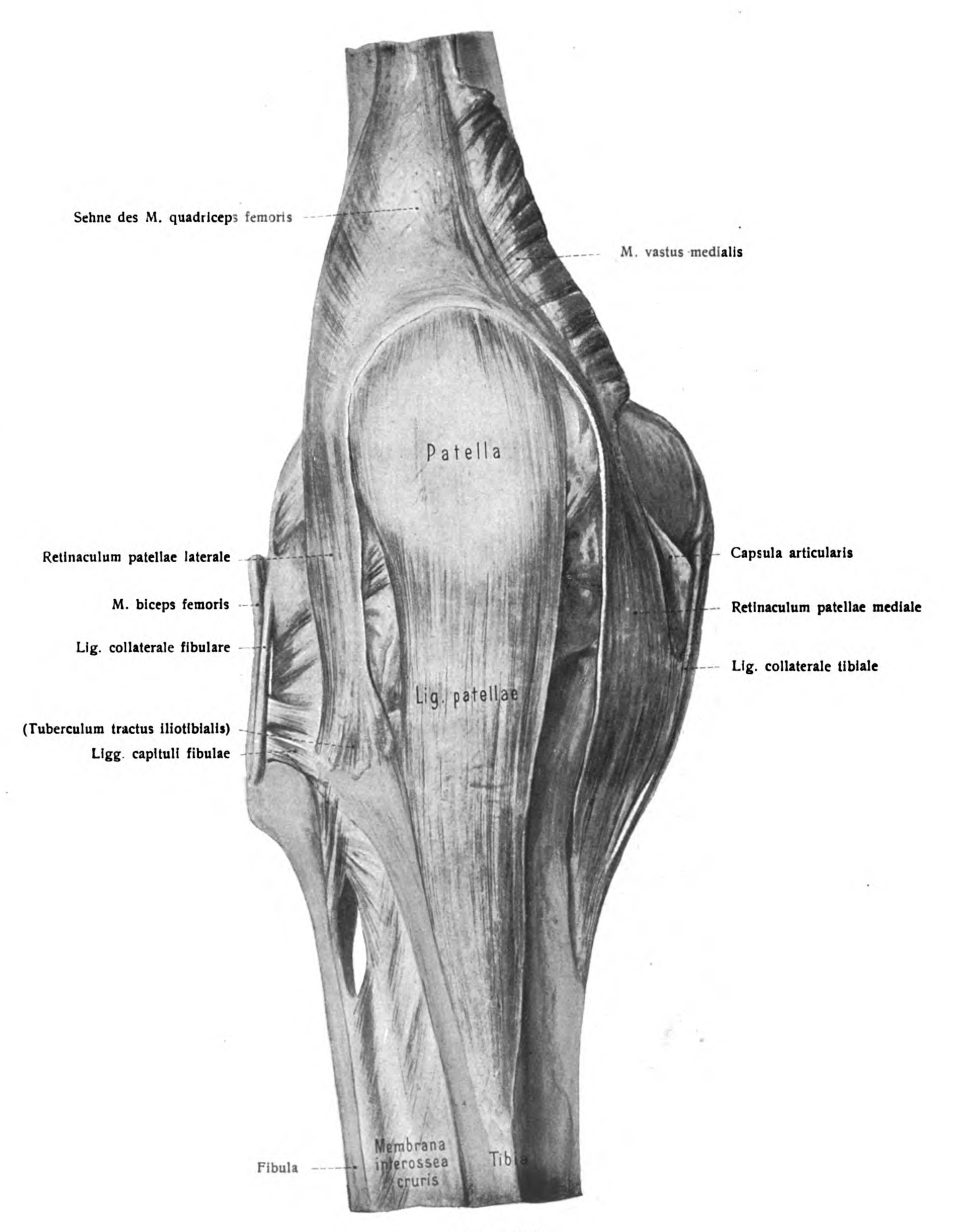


Fig. 400.
Rechtes Kniegelenk, Articulatio genus ($^5/_6$),
von vorn.

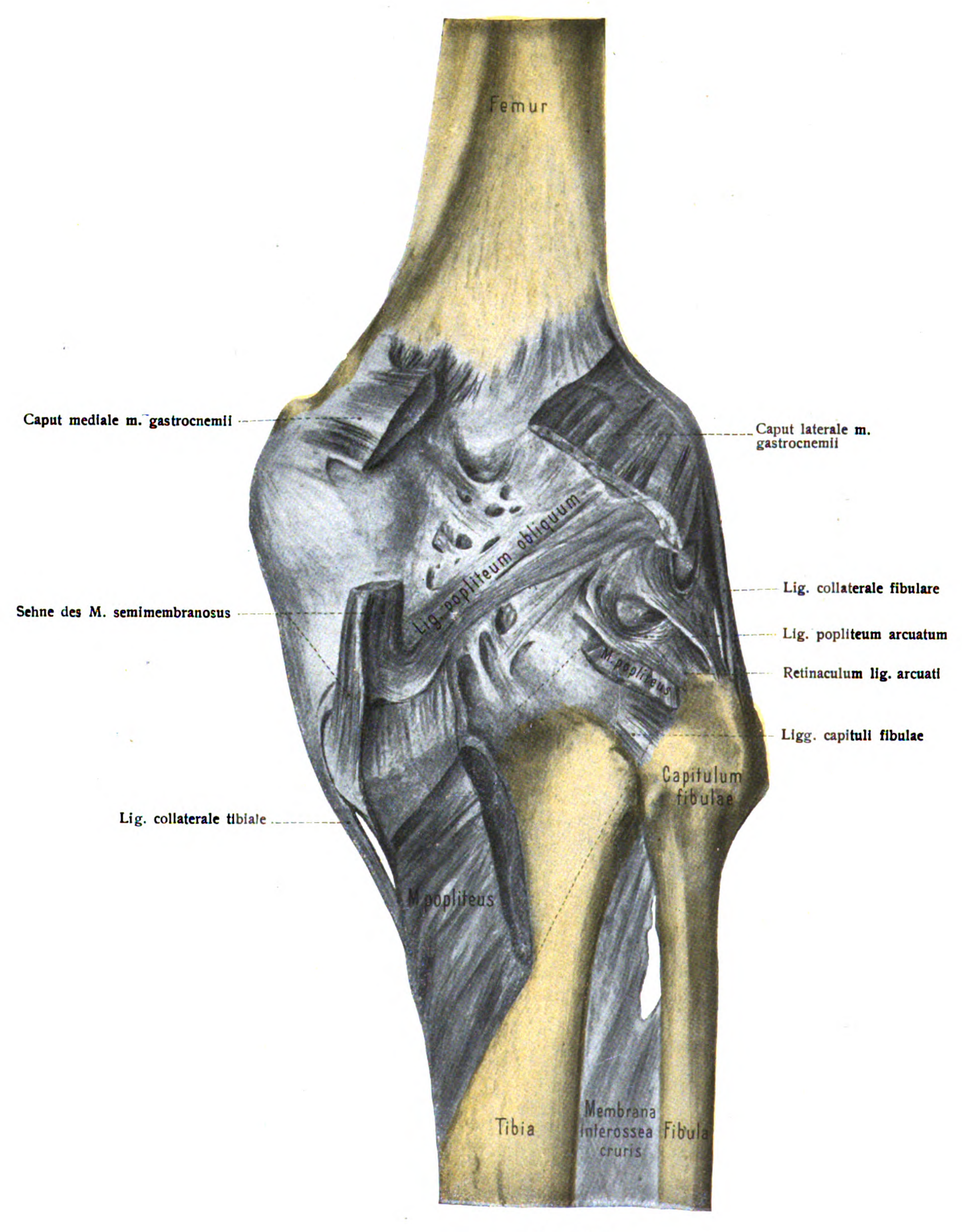


Fig. 401.

Rechtes Kniegelenk, Articulatio genus (5/6), von hinten.

Nach R. Fick liegen die Verhältnisse anders. Beim gewöhnlichen Aufrechtstehen wird das Becken mit dem Oberkörper auf den Schenkelköpfen durch die entsprechenden Muskeln in labilem Gleichgewicht balanciert und hat nicht nur nach vorn, sondern auch nach hinten etwas Bewegungsspielraum. Die von H. Meyer normal genannte Körperhaltung ist nach R Fick als Ruhehaltung zu bezeichnen. Bei dieser ist das Becken hinten übergesunken, bis das Lig. iliofemorale gespannt ist. Die labile Beckenneigung beträgt nach R. Fick ungefähr 60—70°, die stabile Beckenneigung von Meyer ist 90—100°.

Ferner ist leicht ersichtlich, wie es mit der Veränderlichkeit der schon früher betrachteten Beckenneigung (S. 168) beschaffen ist. Alles, was erschlaffend oder spannend auf die Ligg. iliofemoralia einwirkt, retroflektiert oder anteflektiert das Becken auf der Hüftaxe und verändert somit die Beckenneigung. Letztere ist also keine konstante Größe. Wenn Rotation und Abduktion des Femur sich miteinander verbinden, ist die Neigung die steilste, denn das Band wird gespannt. Bei geringerer Divergenz der Beinaxen, ohne gleichzeitige Rotation der Femora, wird das Band erschlafft und das Becken retroflektiert; die Beckenneigung verringert sich in diesem Falle.

Größere Konstanz kommt dem Neigungswinkel der Normalconjugata zu (Fig. 345, S. 247), d. h. einer Geraden, welche von der Einknickungsstelle des Kreuzbeines zum oberen Rand der Symphyse gezogen wird. Er beträgt mit genügender Genauigkeit 30°. Die Schwankungen des Winkels zwischen dieser Linie und der Conjugata des Beckeneinganges sind nämlich ebenso groß als die Schwankungen des Winkels zwischen der Conjugata des Beckeneinganges und dem Horizonte.

Über die Bedeutung des Lig. teres femoris liegen zahlreiche Untersuchungen vor. Es ergibt sich, daß es während der Wachstumsperiode Blutgefäßträger zum Schenkelkopf ist, später aber wesentlich als Hemmungsband und Umtreibungsmittel der Synovia wirkt. Es kommt in nachweisbare Spannung, wenn das nach vorn erhobene Bein nach auswärts gekreiselt oder adduziert wird.

3. Das Kniegelenk, Articulatio genus. Figg. 400—413.

Artikulierende Knochen: Im Kniegelenk artikuliert das Schenkelbein mit dem Schienbein und der Kniescheibe, welche als mächtigstes Sesambein des menschlichen Körpers in der Insertionssehne des M. quadriceps femoris und in die Gelenkkapsel eingeschaltet ist. Das Wadenbein bleibt infolge der starken Entwicklung der Schienbeinknorren vom Gelenk ausgeschlossen.

Die artikulierenden Flächen des Kniegelenkes sind die größten des menschlichen Körpers. Es sind die konvexen Gelenkflächen der beiden Kondylen des Schenkelbeins, die beinahe ebene Facies articularis sup. des Schienbeins und die Facies articularis der Kniescheibe. Letztere gleitet auf der annähernd sattelförmigen Kniescheiben-Gleitbahn (Fick), Facies patellaris, welche zwischen den Gelenkflächen der beiden Femurkondylen liegt und von ihnen durch niedrige Leisten, Linea condylopatellaris medialis und lateralis (Figg. 211, 410), abgegrenzt ist.

Die beiden Kondylen sind rollen- oder radförmig; sie stehen nicht genau parallel zueinander, sondern divergieren nach distal und hinten; außerdem stehen sie schräg gegeneinander geneigt, und zwar derart, daß ihre Krümmungsaxen einen distalwärts offenen Winkel bilden. Die sagittale Krümmung nimmt nach hinten allmählich zu, d. h. der Krümmungsradius der hinteren Abschnitte ist geringer als derjenige der vorderen; die artikulierende Fläche ist, wie man zu sagen pflegt, spiralig gebogen. Außer der sagittalen ist noch eine schwache quere Krümmung vorhanden. Der Knorpelüberzug ist an den dicksten Stellen 2,6—3,2 mm hoch.

Eine Anzahl von Unterschieden sind zwischen beiden Rollen vorhanden. Bei vertikal gehaltenem isolierten Femur steht der mediale Kondylus tiefer als der laterale; bei der Stellung im Körper aber liegen die distalen Flächen von beiden annähernd in der horizontalen Ebene, weil der Oberschenkel schräg medianwärts verläuft. Die sagittale Krümmung des lateralen Kondylus hat einen größeren Krümmungsradius als entsprechende Stellen des medialen. Die Linea condylopatellaris

medialis liegt weiter vorn (oben). Dadurch wird die mediale Rollenfläche länger. Ferner ist der vordere Teil der medialen Rollenfläche mehr oder weniger stark lateralwärts umgebogen. Der obere Teil des lateralen Kondylus springt weiter nach vorn vor als der mediale, sein hinterer Teil ist schmaler als sein vorderer, während die mediale Rolle eine gleichmäßige Breite besitzt.

Die Facies patellaris ist, wie schon gesagt wurde, sattelförmig, sie verbindet die beiden Kondylenflächen, von denen sie durch die Lineae condylopatellares getrennt ist, miteinander, ihr lateraler Teil springt weiter nach vorn vor als der mediale. Die Knorpeldicke beträgt in den zentralen Partien 3,5 mm und nimmt nach der Peripherie ab.

Die Facies articularis sup. des Schienbeins fällt schräg (unter einem Winkel von 8—10°) nach hinten ab. Sie besteht aus zwei durch die knorpelfreie Fossa intercondyloidea ant., die Eminentia intercondyloidea und die Fossa intercondyloidea post. geschiedenen Gelenkflächen. Beide Flächen sind ungefähr eiförmig umgrenzt, die längere Axe steht sagittal.

Ebenso wie an den Femurkondylen ist auch hier die mediale Fläche in zahlreichen Einzelheiten verschieden von der lateralen. Der sagittale Durchmesser der letzteren ist etwas kleiner; die mediale Fläche ist von vorn nach hinten konkav, während die laterale in derselben Richtung konvex ist. Ferner ist die laterale Fläche im ganzen um 1 cm nach vorn verschoben, im Vergleich zu der medialen, und ihr Knorpelüberzug ist dicker. Er ist in den zentralen Teilen 4—5 mm dick und nimmt nach der Peripherie allmählich bis auf 1—2 mm ab.

Die Facies articularis der Kniescheibe besitzt den dicksten Knorpelüberzug von allen Gelenken des menschlichen Körpers; er ist an der dicksten Stelle, d. h. an der mittleren Leiste 5,4—6,4 mm dick. An der lateralen, meist größeren, und der medialen, meist kleineren Facette, welche durch die eben genannte Leiste geschieden werden, können sieben kleinere Felder unterschieden werden. Am medialen Rand der medialen Fläche liegt ein schmales Feld, der mediale Randstreif; von den übrigen sechs kommen drei auf die laterale und drei auf den Rest der medialen Facette, und zwar je ein oberes, ein mittleres und ein unteres Feld. Die unteren Felder beider Facetten berühren die Facies patellaris der Oberschenkelkondylen bei extremer Streckung, die beiden mittleren Hauptfelder schleifen auf ihr bei den gewöhnlichen Bewegungen, die beiden oberen Felder und der mediale Randstreif erreichen sie nur bei extremer Beugung.

Die Gelenkkapsel ist vorn und an den Seiten dünn, schlaff und weit, hinten jedoch stärker, von zahlreichen Bändern bedeckt. Sie entspringt am Oberschenkel $^1/_2$—2 cm von der Knorpelgrenze entfernt, und zwar im allgemeinen vorn in größerer Entfernung als an den Seiten und hinten. Die Epikondylen liegen außerhalb der Kapsel. An der Tibia befestigt sie sich in geringer Entfernung vom Knorpelrand. Die Kniescheibe ist in die vordere Kapselwand eingelassen, und zwar inseriert die Kapsel an der Basis patellae einige Millimeter vom Knorpelrand entfernt, an allen anderen Seiten aber dicht an der Knorpelgrenze. Die starke hintere Wand zeigt viele Löcher, welche mit Fettgewebe gefüllt sind und zum Durchtritt von Gefäßen dienen.

Die Gelenkhöhle ist am geräumigsten von allen Gelenken des Körpers und zeigt den kompliziertesten Bau. Folgt man der Synovialhaut vom hinteren oberen Ursprung aus, so kann man sie von da auf die Kreuzbänder und zur Tibia verfolgen. Zwischen dem Schienbein und der Kniescheibe liegt sie einem breiten Fettwulst auf, welcher gegen den Gelenkraum vorspringt. Auf dem Fettwulst treten zwei, von den Seitenrändern der Patella herabziehende Falten hervor, Flügelfalten, Plicae alares. Von der Mitte des Fettpolsters zieht frei durch das Gelenk hindurch gegen das vordere Kreuzband ein synoviales Band von wechselnder, oft sehr geringer Stärke, die Plica synovialis patellaris. Fig. 407.

Dieses Band ist (Gegenbaur) der Rest einer früher vorhandenen großen sagittalen Falte der Synovialhaut, welche von vorn bis zu den Kreuzbändern und von ihnen bis zur hinteren Kapselwand gelangt; durch diese Falte war der Gelenkraum in zwei seitliche Kammern geschieden, welche den beiden Kondylenpaaren entsprechen.

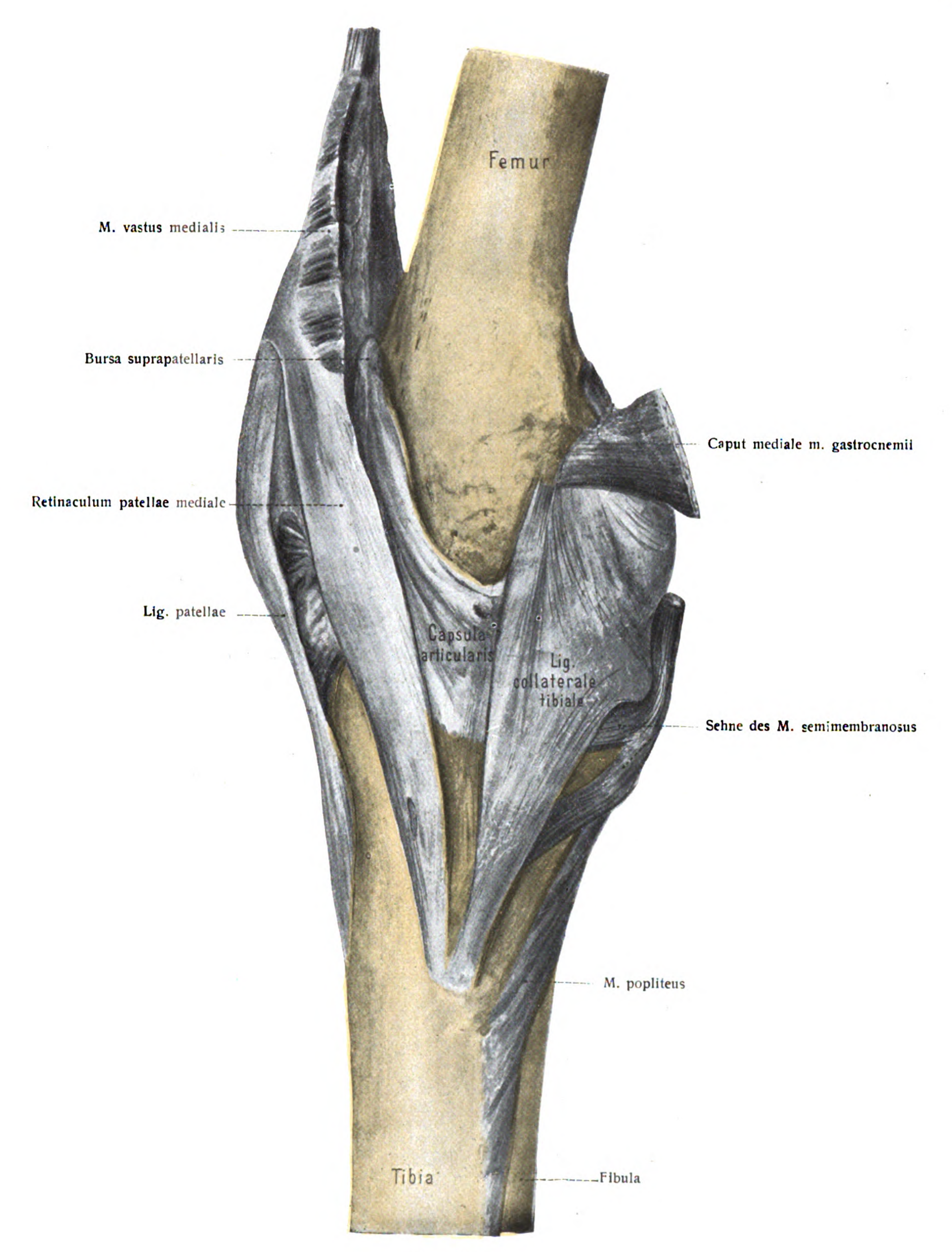


Fig. 402.

Rechtes Kniegelenk, Articulatio genus (5/6)
von der medialen Seite gesehen.

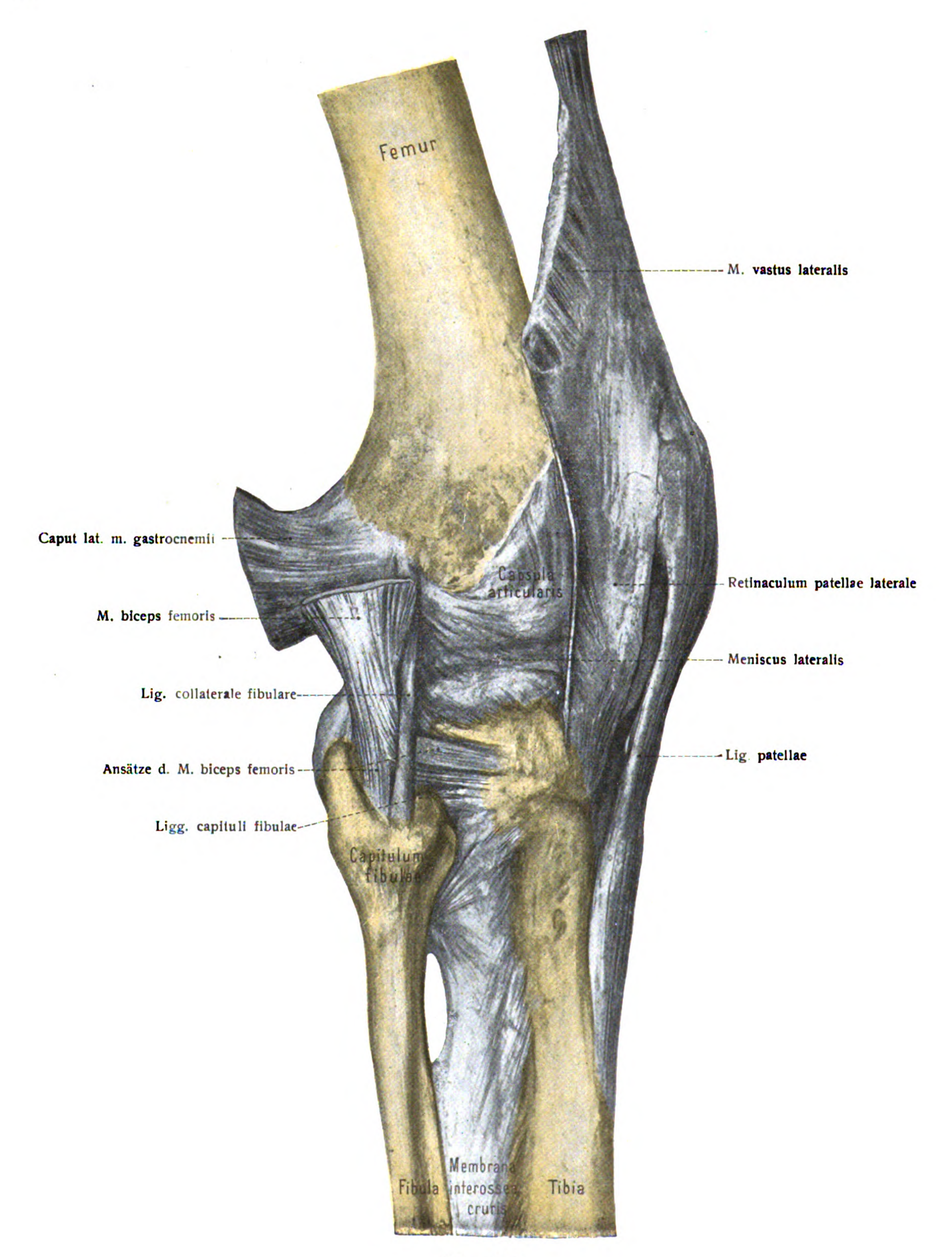


Fig. 403.

Rechtes Kniegelenk, Articulatio genus (5/6), von der lateralen Seite gesehen.

Der Umfang der Synovialkapsel erfährt noch eine Vergrößerung durch die mehr oder weniger konstante Kommunikation mit den Bursae suprapatellaris, semimembranosa, Bursa m. poplitei.

Mit besonderen Einrichtungen ist das Kniegelenk reichlich versehen. Es gibt a) vordere, seitliche und hintere Verstärkungsbänder der Kapsel; ferner b) Zwischenknochenbänder und c) Menisci, endlich d) kommunizierende Schleimbeutel. Zunächst betrachten wir

a) die Verstärkungsbänder der Kapsel.

1. Vorn dient als Verstärkungsband das untere Stück der Sehne des großen Streckmuskels am Oberschenkel, des M. quadriceps femoris, welches als Lig. patellae bezeichnet wird. Es entspringt von der Kniescheibenspitze, ist oben 3 cm breit, 3—8 mm dick und verschmälert sich beim Ansatz an der Tuberositas tibiae auf 2 bis 2,5 cm. Die seitlichen Ränder dieses Bandes sind mit der Fascia lata des Oberschenkels verwachsen.

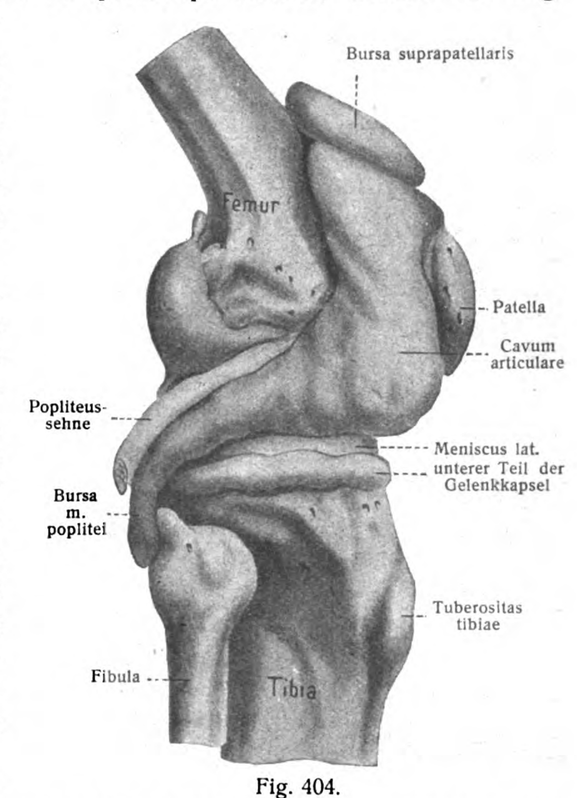


Fig. 404.

Kapsel des Kniegelenkes und kommunizierende Schleimbeutel.

2., 3. Parallel der Patella und dem Lig. patellae verlaufen die Retinacula patellae mediale und laterale. (Fig. 400.) Sie entspringen von der Sehne des M. quadriceps femoris sowie der Basis patellae und sind mehr oder weniger leicht von der Fascia lata präparatorisch abzugrenzen. Das laterale Retinaculum hängt mit dem Tractus iliotibialis zusammen und befestigt sich am Tuberculum tractus iliotibialis, das mediale Retinaculum heftet sich am unteren Rande des Margo infraglenoidalis an.

Seitliche Verstärkungsbänder sind das Lig. collaterale tibiale und fibulare.

4. Das Lig. collaterale tibiale. (Fig. 402.) Es entspringt vom Epicondylus medialis femoris und setzt sich am medialen und hinteren Rande des Schienbeines fest. Man unterscheidet an ihm zwei Abteilungen, eine vordere längere und eine hintere kürzere, welche nur bis zum hinteren Rand des Meniscus medialis reicht. Die längere Abteilung deckt den Hauptansatz des M. semimembranosus und überbrückt die Verjüngung des Schienbeins, welche unterhalb des Margo infraglenoidalis plötzlich eintritt, so daß nach Wegnahme des hier befindlichen Gewebes eine schmale Lücke vorhanden ist.

5. Das Lig. collaterale fibulare ist wohl das selbständigste Seitenband des menschlichen Körpers. Es zieht vom Epicondylus lat. femoris zum lateralen Rand des Capitulum fibulae, ist 5—7 cm lang und ungefähr 6 mm dick. Zwischen

diesem Band und der Gelenkkapsel befindet sich ein lockeres fetthaltiges Bindegewebe. Medial vom oberen Teil des Bandes befindet sich die Sehne des M. popliteus, medial sowie lateral von seinem unteren Teil verlaufen Ansatzbündel des M. biceps femoris. Figg. 403, 410.

Die hintere Wand der Kapsel wird oberhalb der Kondylen von den Ursprungssehnen des M. gastrocnemius und des M. plantaris verstärkt. Von besonderen Faserzügen sind vorhanden:

6. Das Lig. popliteum obliquum. Dieses Band ist eine Ausstrahlung der Sehne des M. semimembranosus, welche 8—15 mm breit schräg lateral-aufwärts in der Richtung zum Ursprung des lateralen Kopfes vom M. gastrocnemius verläuft. Fig. 401.

7. Das Lig. popliteum arcuatum ist individuell außerordentlich verschieden. Es sind Faserzüge, welche vom Epicondylus lateralis entspringen und sich in der Mitte der hinteren Kapselwand und des Lig. popliteum obliquum verlieren. Von ihrem konvexen Rand geht das Retinaculum ligamenti arcuati ab, welches sich schmal am Capitulum fibulae ansetzt. Fig. 401.

b) Die Zwischenknochenbänder sind außerordentlich stark; es sind zwei vorhanden, welche einander kreuzen und deswegen als Kreuzbänder, Ligg. cruciata genus, bezeichnet werden. Sie sind von der Synovialhaut überzogen.

1. Das vordere Kreuzband, Lig. cruciatum ant., heftet sich in der Fossa intercondyloidea ant. des Schienbeins an und entspringt von der medialen Fläche des lateralen Kondylus (Merkwort a-la; Fossa intercondyl. ant., Condylus lat.). Es verläuft schräg vor-median-distalwärts und setzt sich in der Nähe des vorderen Endes vom Meniscus lateralis an, in welchen einige Bündel von ihm einstrahlen. Fig. 410.

2. Das hintere Kreuzband, Lig. cruciatum post., ist etwas stärker als das vordere, entspringt von der lateralen Fläche des medialen Kondylus. Es zieht schräg-lateral-rückwärts und distalwärts zur Insertion in der Fossa intercondyloidea post. Ein mehr oder weniger starker und selbständiger Faserzug, Lig. menisci lat. (Roberti) dieses Bandes zieht zum hinteren Teil des Meniscus lateralis. Fig. 411.

c) Die Menisci dienen zur Ausgleichung der Inkongruenz der artikulierenden Flächen dieses Gelenkes. Es sind zwei vorhanden: der Meniscus lateralis und der Meniscus medialis. Sie bestehen aus derben Bindegewebsbündeln nebst elastischen Fasern und besitzen auf den freien Oberflächen einen dünnen Überzug von Faserknorpel. Beide haben sichelförmige Gestalt und sind auf dem Querschnitt dreiseitig prismatisch. Die äußere Seite ist mit der Gelenkkapsel fest verbunden, die obere Seite berührt den entsprechenden Kondylus des Femur, die untere die entsprechende Fläche der Tibia, die scharfe Kante ist der Eminentia intercondyloidea zugekehrt. Die beiden Enden jedes Meniscus sind durch feste Faserzüge an bestimmten Stellen der Tibia befestigt. Fig. 405.

Beide Menisci sind in einzelnen Punkten verschieden. Der mediale ist mehr halbmondförmig, der laterale ist beinahe kreisförmig. Der mediale ist mit dem Lig. collaterale tibiale verbunden, der laterale dagegen hat keine Beziehungen zum lateralen Seitenband, dagegen steht er vorn mit dem vorderen Kreuzband durch einzelne Bündel, hinten durch kräftigere, manchmal durch einen sehr starken selbständigen Faserzug, Lig. menisci lat., mit dem hinteren Kreuzband in Verbindung.



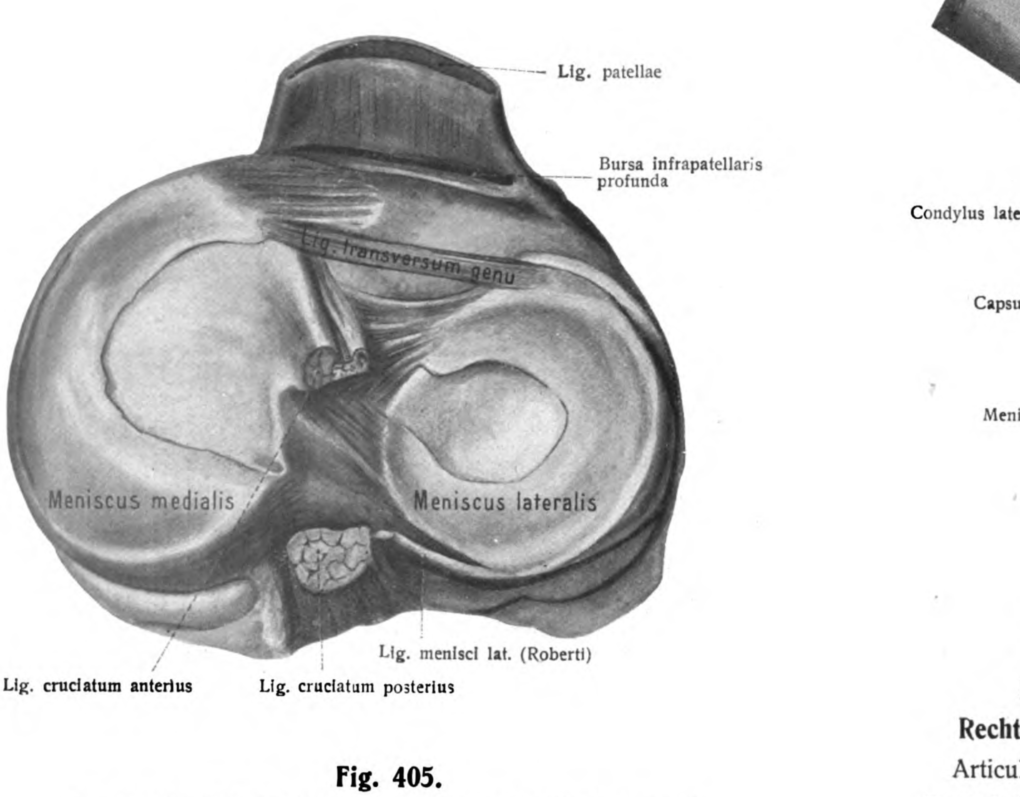


Fig. 405.
Proximale Gelenkfläche des rechten Schienbeins mit den Menisci ($^6/_5$).

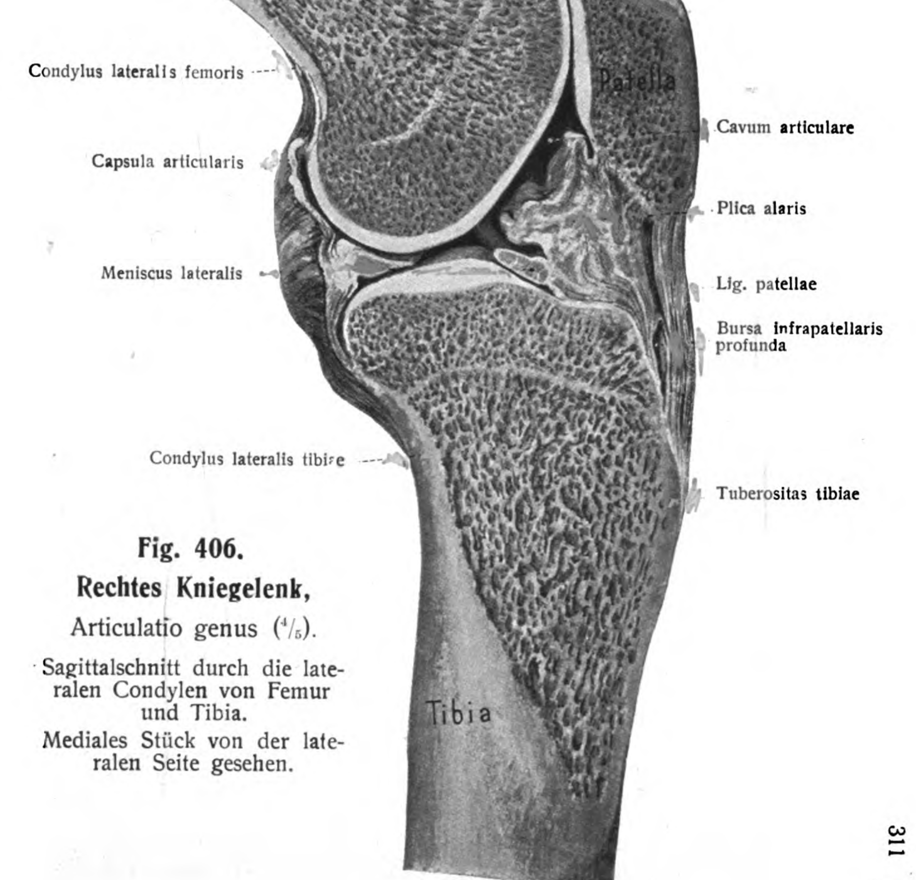


Fig. 406.
Rechtes Kniegelenk,
Articulatio genus ($^4/_5$).
Sagittalschnitt durch die lateralen Condylen von Femur und Tibia.
Mediales Stück von der lateralen Seite gesehen.

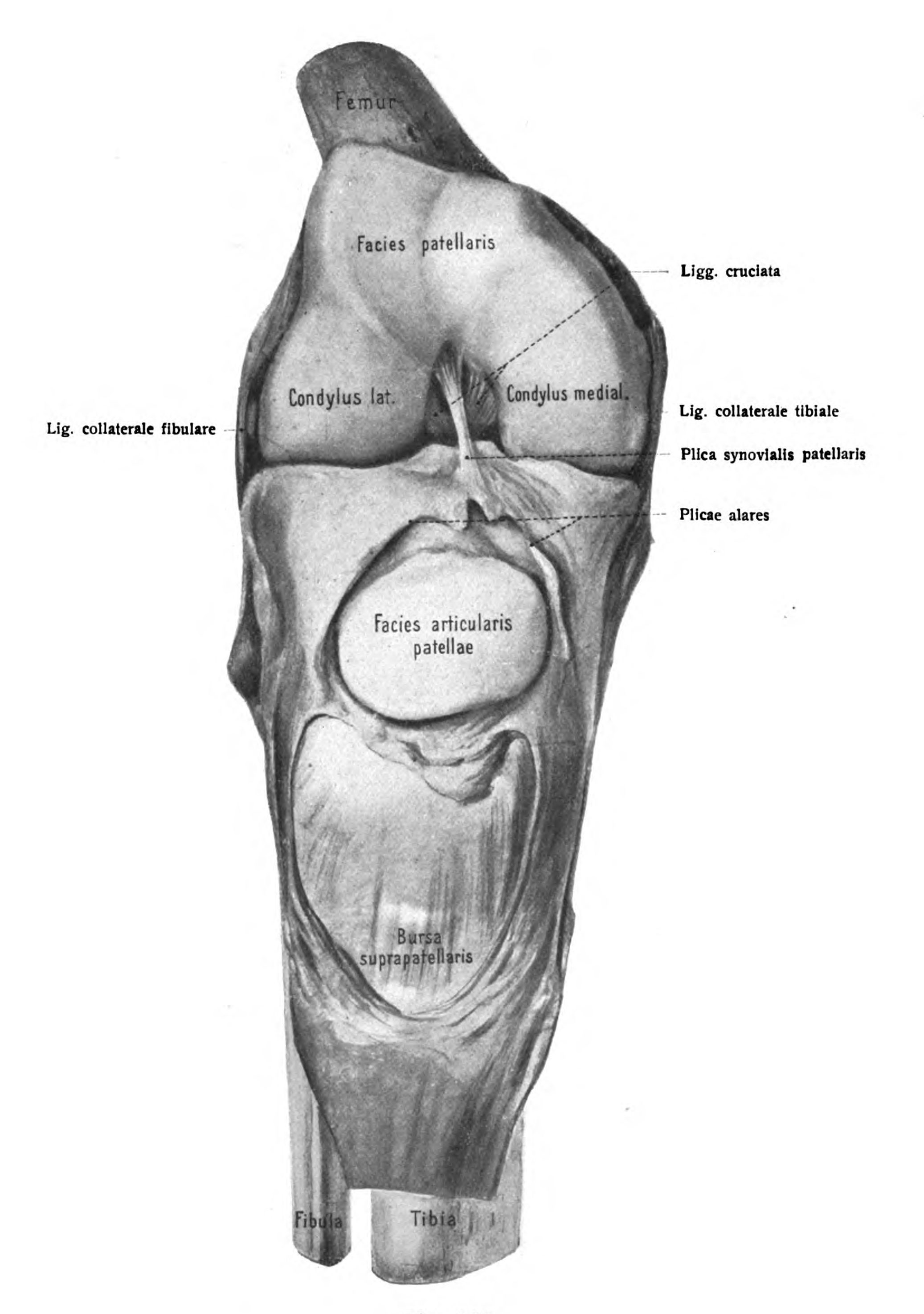


Fig. 407.

Rechtes Kniegelenk, Articulatio genus (3/4), mit eröffneter Kapsel von vorn.

Beide Menisci sind vorn durch ein sehr variables Band, Lig. transversum genus, miteinander verbunden. Figg. 405, 410.

d) Von kommunizierenden Schleimbeuteln sind vorhanden:

1. Bursa suprapatellaris; sie liegt proximal von der Facies patellaris des Femur, gedeckt vom M. quadriceps femoris, und steht meist in weiter Verbindung mit der Gelenkhöhle, doch kann die Verbindung auch eng sein oder in seltenen Fällen ganz fehlen. Figg. 402, 404, 406—408.

2. Bursa musculi poplitei, an der hinteren Gelenkwand, zwischen ihr und dem Ursprungsteil des M. popliteus. Sie kann mit der Art. tibiofibularis zu-

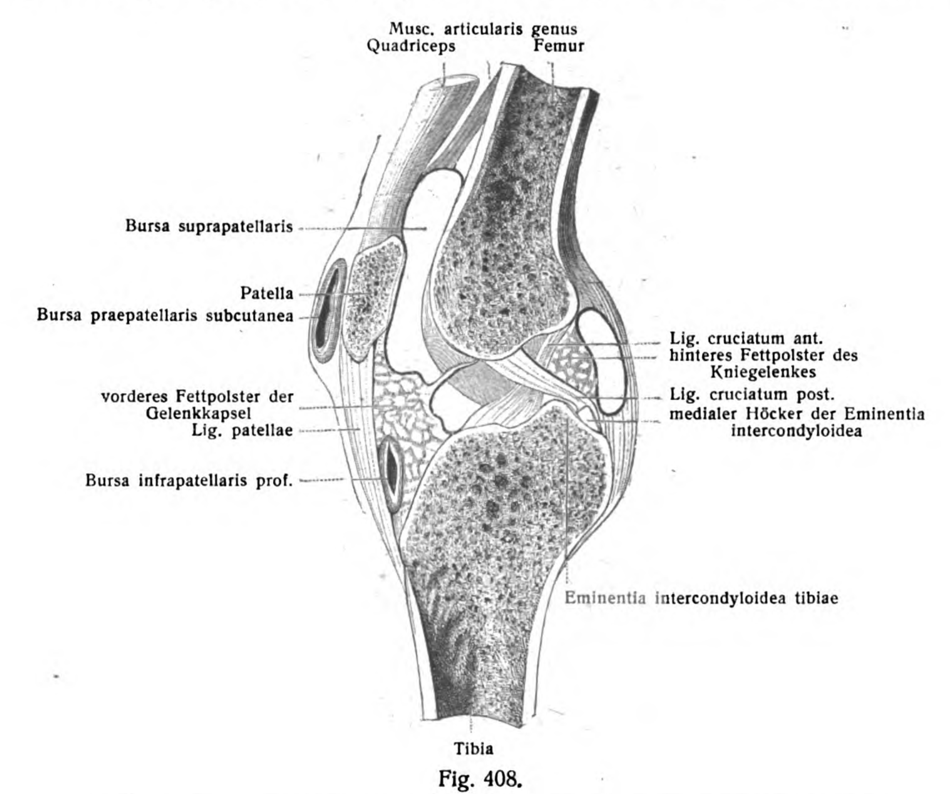


Fig. 408.

Insertionssehnen und Bursae mucosae des Kniegelenkes; Medianschnitt des Kniegelenkes.

sammenhängen, wodurch letztere mit dem Kniegelenk in direkter Verbindung steht. Fig. 409.

3. Bursa musculi semimembranosi, an dem hinteren medialen Rand der Kapsel, unter der Sehne des M. semimembranosus. Fig. 409.

4. Die Bursa m. gastrocnemii medialis unterhalb des Ursprunges des medialen Gastrocnemiuskopfes kann mit der Kapsel in Verbindung stehen. Fig. 409.

Andere wichtige Schleimbeutel in der Umgebung des Kniegelenkes, welche aber niemals oder höchst selten mit ihm in Verbindung stehen, sind:

1. Bursa praepatellaris subcutanea vor der Kniescheibe unter der Haut gelegen. Fig. 408.

2. Bursa praepatellaris subfascialis in derselben Gegend, aber unterhalb der Fascie.

3. Bursa praepatellaris subtendinea an gleicher Stelle, aber dicht auf der vorderen Knochenfläche der Kniescheibe. Diese drei, praktisch wichtigen Schleimbeutel hängen niemals mit

dem Gelenk zusammen. Meist findet man nur einen von ihnen, seltener zwei, kaum jemals alle drei an demselben Präparat.

4. Bursa infrapatellaris subcutanea liegt auf dem Lig. patellae.

5. Bursa infrapatellaris profunda befindet sich proximal von der Tuberositas tibiae zwischen der Hinterfläche des Lig. patellae und der Tibia, sie kann in sehr seltenen Fällen mit dem Kniegelenk in Verbindung stehen. Figg. 405, 406, 408, 410.

6. Bursa subcutanea tuberositatis tibiae auf der Tuberositas tibiae.

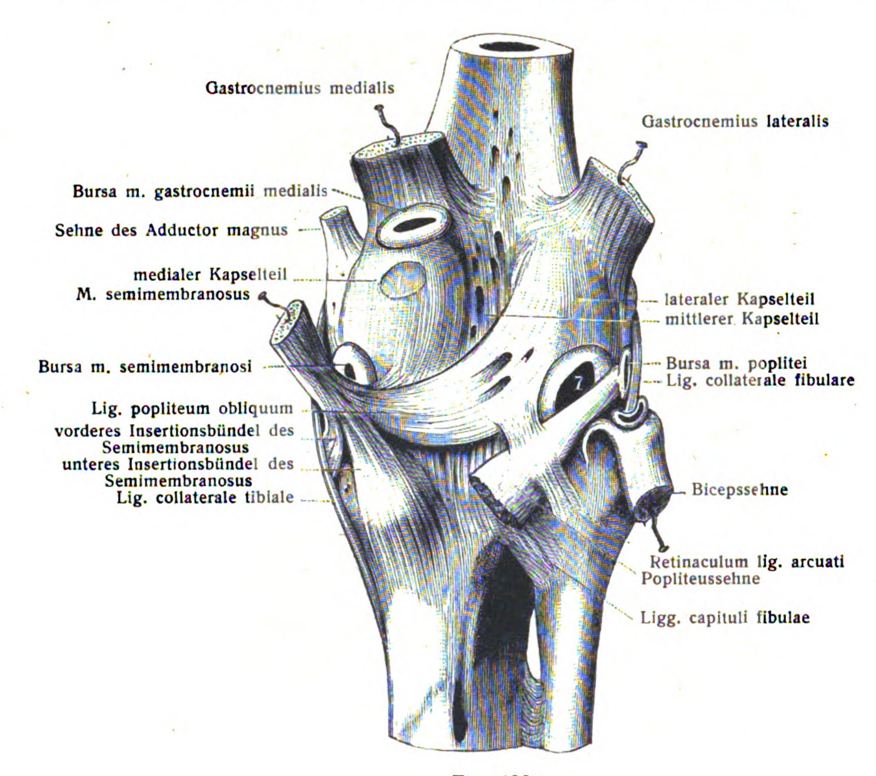


Fig. 409.

Hintere Fläche des Kniegelenkes, mit Muskelinsertionen und Bursae mucosae.

Die anderen Schleimbeutel in der Umgebung des Kniegelenkes sollen in der Muskellehre besprochen werden.

Die Blutgefäße des Kniegelenkes sind außerordentlich zahlreich und stark. Es sind 9 Äste aus den Aa. femoralis, poplitea, tibialis ant. et post., welche das Rete articulare genus bilden, und zwar:

1. Arteria genus suprema, aus der A. femoralis.
2. " " superior medialis, ⎫
3. " " " lateralis, ⎪
4. " " media, ⎬ aus der A. poplitea.
5. " " inferior medialis, ⎪
6. " " " lateralis, ⎭
7. Ramus fibularis, aus der A. tibialis post.
8. Arteria recurrens tibialis posterior, ⎫ aus der A. tibialis ant.
9. " " " anterior, ⎭

Die Nerven des Kniegelenkes stammen vom N. ischiadicus und verlaufen mit den Gefäßen.

Die Lymphgefäße ziehen zu den Lymphoglandulae popliteae und von dort zu den Lymphoglandulae inguinales profundae.

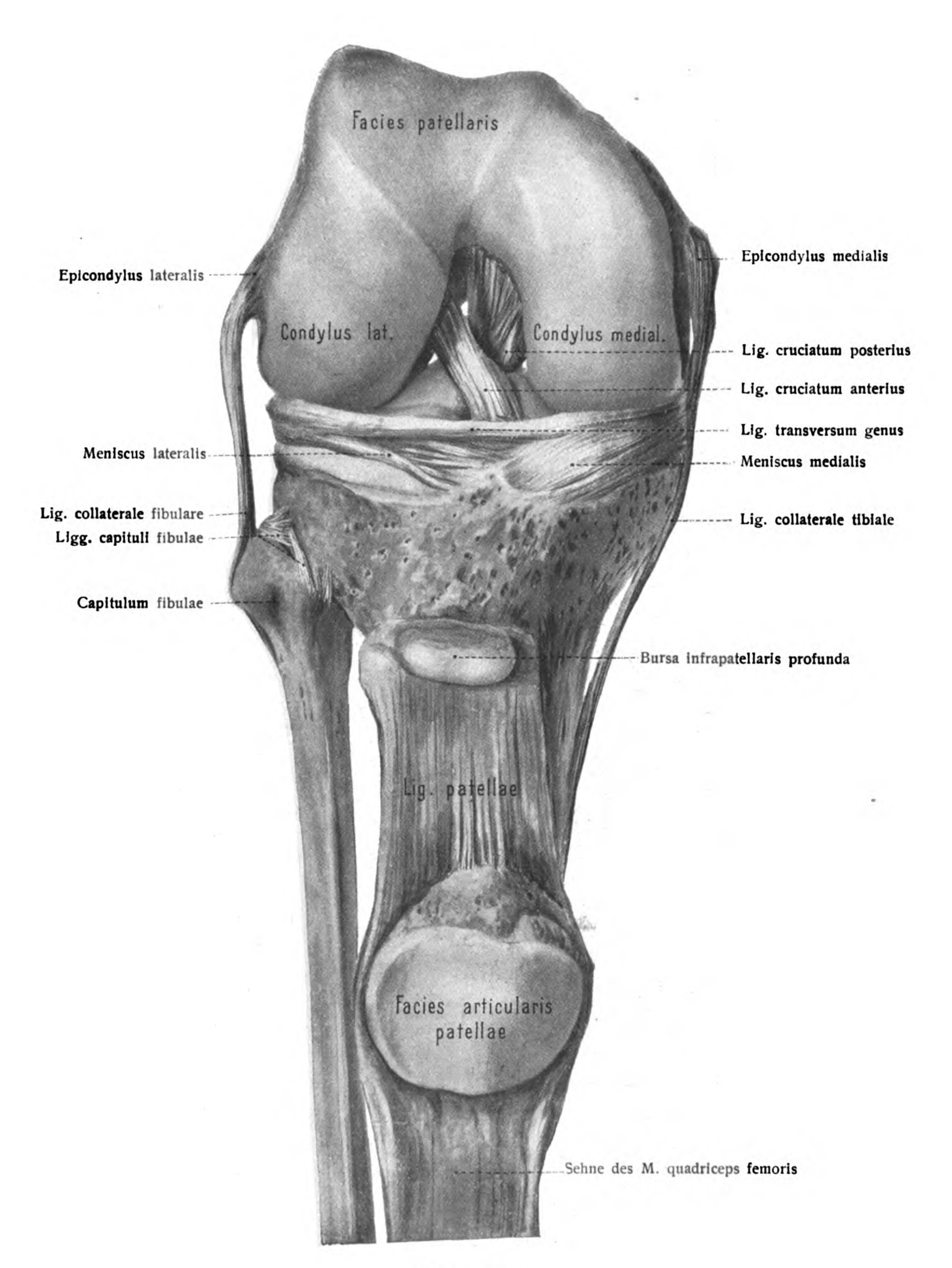


Fig. 410.
Rechtes Kniegelenk, Articulatio genus (6/7)
von vorn.
Nach Entfernung der Gelenkkapsel. Das Knie ist im rechten Winkel gebeugt.

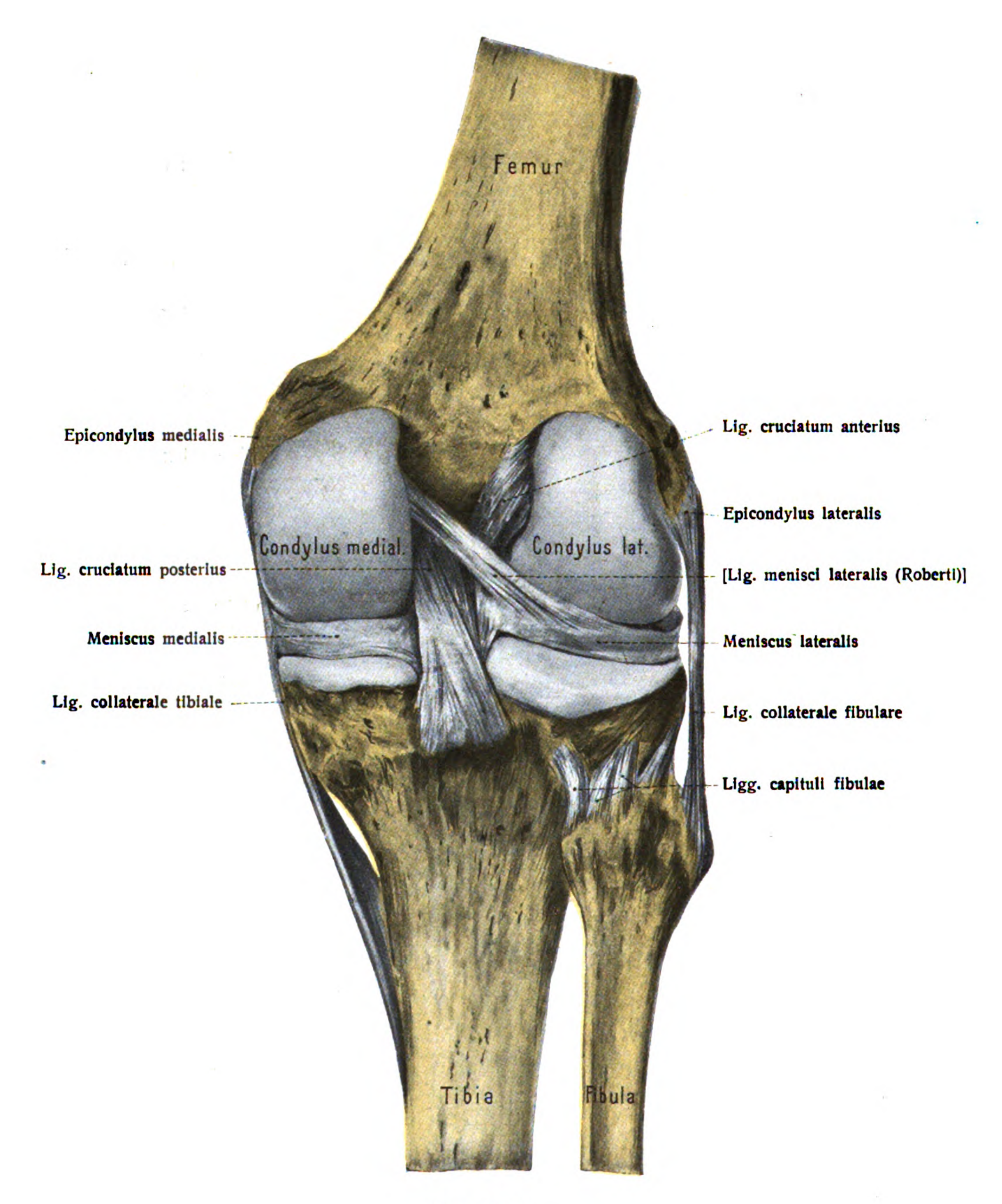


Fig. 411.

Rechtes Kniegelenk, Articulatio genus (6/7) von hinten.

Nach Entfernung der Gelenkkapsel.

Mechanik des Kniegelenkes. Das Kniegelenk ist ein Ginglymus; doch ist zu bemerken, daß auch Kreiselungen des Femur bezw. der Tibia ausgeführt werden können, und zwar eine zwangsmäßige Kreiselung in der letzten Phase der Streckung, Schlußrotation (H. Virchow), und in der ersten Phase der Beugung, sowie freie aktive Drehungen bei gebeugtem Knie.

Beugung und Streckung im Kniegelenk geschehen um die Drehaxe, welche fast quer durch die Kondylen des Femur geht und senkrecht zur Konstruktionsaxe der unteren Extremität steht. Verlängert man die bereits erwähnte Kreiselungsaxe des Femur (Mittelpunkt des Femurkopfes, Fossa intercondyloidea des Femur) bei gestreckter Extremität distalwärts, so durchzieht die Linie die Eminentia intercondyloidea der Tibia und den Malleolus lateralis. Die Flexionsebene des Kniegelenkes ist in ihr gelegen und steht auf der Drehaxe senkrecht.

Die Menisci spielen im wesentlichen die Rolle von Puffern.

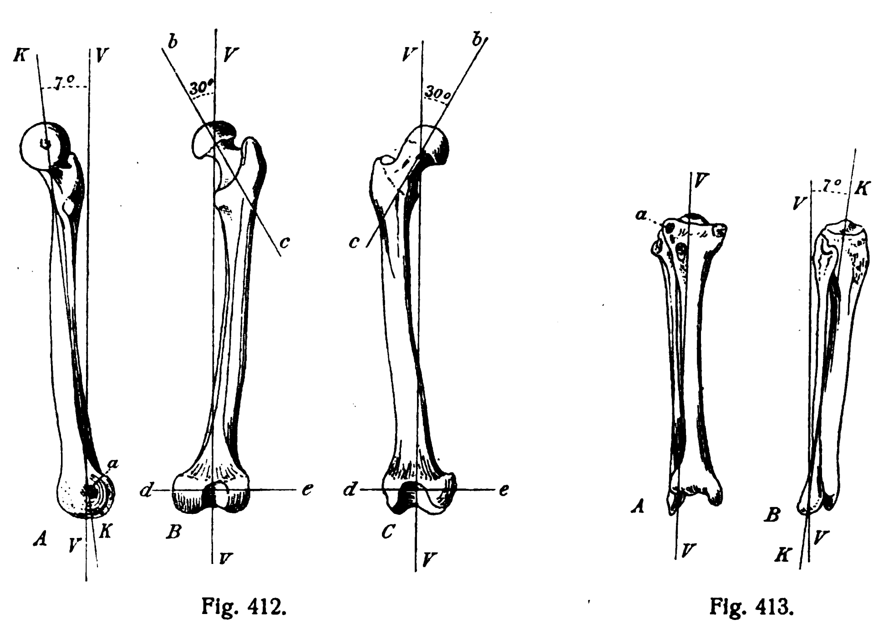


Fig. 412. Fig. 413.

Fig. 412. **Ansichten des rechten Femur:** *A* mediale; *B* hintere; *C* vordere; *bc* Axe des Kopfes und Halses; *de* Drehaxe des Kniegelenks; *a* deren Seitenansicht; *VV* die Vertikale; *KK* Axe des Femur. (H. Meyer.)

Fig. 413. **Die Knochen des rechten Unterschenkels.** *A* Tibia und Fibula von vorn; *B* Tibia und Fibula von lateral; *a* Tuberculum tractus iliotibialis; *VV* die Vertikale, Fortsetzung der Vertikalen der Fig. 412. (H. Meyer.)

Die Schlußrotation des Femur bzw. der Tibia ist mit der letzten Phase der Streckung zwangsmäßig verbunden. Sie stellt bei feststehendem Femur eine kleine Rotation der Tibia nach außen dar, indem der mediale Condylus tibiae weiter nach vorn geführt wird als der laterale. Bei feststehender Tibia wird der mediale Condylus femoris weiter nach hinten geführt, während der laterale Condylus femoris durch das maximal gespannte laterale Seitenband festgehalten und am weiteren Vorrollen gehindert wird. Für diese Schlußrotation ist die oben erwähnte accessorische Gelenkfläche des Femur vorhanden. Nach ihrer Beendigung bilden die Knochen der Extremität gewissermaßen eine einzige Säule und können nicht eher gebeugt werden, als bis die Schlußrotation rückgängig gemacht worden ist. Letztere ist also schließend für die Streckung, einleitend für die Beugung Zur weiteren Fixierung der Tibia in Schlußrotationsstellung dient ein langer Bandstreifen, Tractus iliotibialis, welcher von dem vorderen Teil der Crista iliaca entspringt, außerdem die Sehne des Tensor fasciae latae und auch eines Teiles des M. glutaeus maximus bildet und am Tuberculum tractus iliotibialis der Tibia endigt. Bei aufrechtem Stehen wird dieses Band in ähnlicher Weise gespannt wie das beim Hüftgelenk betrachtete Lig. iliofemorale; so dient es zur Fixierung der Tibia.

Von der Möglichkeit ausgiebiger Rotationen der Tibia um ihre Längsaxe (Pronation und Supination, R. Fick) in Beugestellung überzeugt man sich leicht an der eigenen Extremität.

Die Bewegung der Patella aus der Streckstellung in die Beugestellung geschieht in der Weise, daß zuerst das untere Doppelfeld der Patella über den oberen Teil der Facies patellaris gleitet, bis der Querwulst der Patella die Mitte erreicht hat, und daß dann ein Umkippen um den Querwulst stattfindet, worauf das obere Doppelfeld der Patella über den unteren Teil der Facies patellaris gleitet.

Was die gegenseitige Lage der oberen und unteren Gelenkflächen des Femur betrifft, so bildet die Axe des Femurhalses mit der Axe der Kondylen in der Horizontalprojektion einen Winkel von 25°.

4. Verbindung der Unterschenkelknochen. Figg. 410—416.

Schien- und Wadenbein sind an ihren proximalen Enden durch ein straffes Gelenk, an ihren distalen Enden durch eine Syndesmose verbunden, während ihre Schäfte durch ein Zwischenband zusammengehalten werden.

a) Wadenbeinköpfchengelenk, Articulatio tibiofibularis. Figg. 410, 411, 414.

Die artikulierenden Knochen sind das Schienbein und das Wadenbein.

Die artikulierenden Flächen sind am Schienbein die ovale Facies articularis fibularis, an dem Wadenbein die Facies articularis capituli. Die meist ebene Gelenkfläche des Schienbeins befindet sich vollständig im Bereich der Epiphyse, an der Unterseite des überhängenden Margo infraglenoidalis. Sie ist lateral-distalwärts und rückwärts gerichtet; der sie überziehende Knorpel ist am proximalen Rand 1,5 mm, am distalen nur 0,5 mm dick. Die meist etwas konkave Gelenkfläche des Wadenbeins ist etwas größer als die Gelenkfläche des Schienbeins und ist vorwärts, proximalwärts und medianwärts gerichtet; die Knorpeldicke beträgt am proximalen Rand 1 mm, am distalen 0,5 mm.

Die Gelenkkapsel heftet sich mit Ausnahme von zwei Stellen an der Knorpelgrenze an; die Gelenkhöhle kommuniziert in etwa $^{1}/_{5}$ der Fälle (R. Fick) mit der Bursa m. poplitei und dadurch mit dem Kniegelenk.

Von besonderen Einrichtungen sind vordere und hintere Verstärkungsbänder, Ligg. capituli fibulae, vorhanden, die vorderen verlaufen horizontal, die hinteren vertikal.

Die Bewegungen in diesem Gelenk sind (R. Fick) fast ganz auf eine unbedeutende Gleitbewegung von vorn nach hinten oder umgekehrt beschränkt.

b) Zwischenknochenhaut des Unterschenkels, Membrana interossea cruris. Fig. 414.

Zwischen den Cristae interosseae des Schien- und des Wadenbeines ist die Membrana interossea cruris ausgespannt. Sie besteht größtenteils aus distal- und lateralwärts ziehenden Fasern, doch kommen auch anders verlaufende Faserzüge vor; die Membran ist in ihrem proximalen Teil breiter, aber schwächer als im distalen und besitzt daselbst eine längliche Öffnung für den Durchtritt der Vasa tibialia anteriora. Im distalen Abschnitt ist eine kleine Öffnung vorhanden für die Vasa peronaea perforantia.

Die Haut dient zur Verbindung der beiden Knochen und wirkt der Entfernung beider Knochen voneinander entgegen, welche durch die am Wadenbeinköpfchen ansetzende Sehne des M. biceps femoris und am distalen Ende durch den Talus bewirkt werden kann. Sie dient ferner den Muskeln am Unterschenkel zum Ursprung.

c) Distale Schien-Wadenbeinverbindung, Syndesmosis tibiofibularis. Figg. 414—416.

Die artikulierenden Knochen sind das Schienbein und das Wadenbein.

Die artikulierenden Flächen sind die nur vom Periost überzogene Incisura fibularis der Tibia und eine konvexe, manchmal auch konkave Anlagerungs-

Fig. 414.

Verbindungen der rechten Unterschenkelknochen (¹/₁).

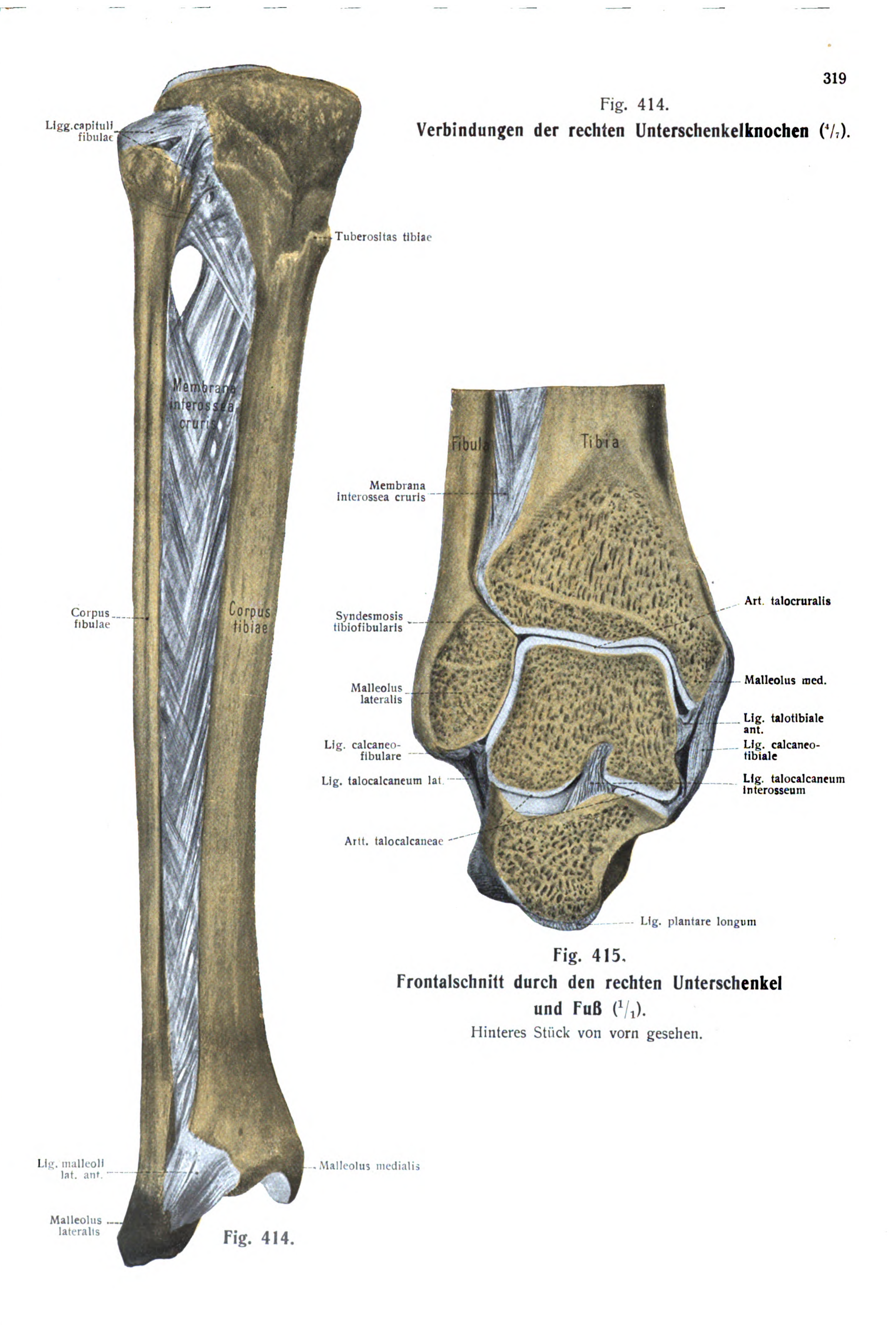


Fig. 414.

Fig. 415.

Frontalschnitt durch den rechten Unterschenkel und Fuß (¹/₁).

Hinteres Stück von vorn gesehen.

Tibia
Fibula
Membrana interossea cruris
Lig. malleoli lat. post.
Trochlea tali
Lig. talotibiale post.
Malleolus lat.
Lig. calcaneotibiale
Lig. talofibulare post.
Lig. calcaneofibulare
Lig. talocalcaneum post.
Sustentaculum tali
Sulcus m. flexoris hallucis longi
Tuber calcanei

Fig. 416.
Gelenke des rechten Fußes,
Articulationes pedis ($^1/_1$),
von hinten,
nach Wegnahme der Gelenkkapseln.

Fig. 417. Gelenke des rechten Fußes, Articulationes pedis ($^1/_1$)
von der medialen Seite her.
Nach Wegnahme der Gelenkkapseln und der Zehen sowie der distalen Stücke der Metacarpalia.
* Lig. talocalcaneum superficiale horizontale (Fick).

Tibia
Lig. talotibiale ant.
Lig. tibionaviculare
Lig. calcaneotibiale
Lig. talotibiale post.
Lig. deltoideum
Trochlea tali
Caput tali
Lig. talonaviculare dorsale
Sulcus m. flexoris hallucis longi
Lig. talocalcaneum post.
Lig. deltoideum
Proc. post. tali
Ligg. navicularicuneiformia dorsalia
Naviculare
Ligg. tarsometatarsea dorsalia
Cuneiforme I
Tendo calcaneus
Tuber calcanei
Metatarsale I
Tendo m. tibialis post.
Lig. calcaneonaviculare plantare
Lig. plantare longum
Tendo m. tibialis ant.
Lig. calcaneocuboideum plantare

Fig. 417.

fläche der Fibula, deren Periost reichlich mit Fettgewebe durchsetzt ist. Knorpel ist an den distalen Enden beider Anlagerungsflächen nur selten in Gestalt eines schmalen Streifens vorhanden.

Eine besondere Gelenkhöhle ist nicht vorhanden. Zwischen die distalen Enden schiebt sich von der Gelenkhöhle des oberen Sprungbeingelenkes eine kleine Spalte ungefähr 1 cm weit vor, in welcher eine fetthaltige Synovialfalte liegt.

Von besonderen Einrichtungen ist ein Zwischenband, gewissermaßen eine Fortsetzung der Membrana interossea vorhanden, sowie ein starkes vorderes und ein noch kräftigeres hinteres Band, und zwar:

Lig. malleoli lateralis anterius wird ein flacher Faserstreifen genannt, welcher schräg über die Vorderfläche der distalen Teile beider Knochen von der Tibia zur Fibula distalwärts zieht.

Das Lig. malleoli lateralis posterius verläuft in ähnlicher Weise über die hintere Fläche der beiden Knochen. Es besteht aus zwei Teilen. Dem oberen breiteren Teil folgt ein schmalerer, längerer Streifen von fast horizontalem Verlauf, Lig. tibiofibulare transversum.

Die Bewegungen der distalen Schien-Wadenbeinverbindung sind ausschließlich passive. Sie bestehen in der Entfernung der beiden Knochen voneinander bei starker Beugung des Fußes und in Wiederannäherung bei Streckung des Fußes. (R. Fick.)

5. Gelenkverbindungen des Fußes, Articulationes pedis.

Die Gelenkverbindung des Fußes mit den Knochen des Unterschenkels ist die Articulatio talocruralis, dann folgen die Gelenke zwischen den einzelnen Fußwurzelknochen, Articulationes intertarseae, dann die Verbindungen der Fußwurzelknochen mit den Mittelfußknochen, Articulationes tarsometatarseae, und die Verbindungen der Mittelfußknochen untereinander, Articulationes intermetatarseae. Die Verbindungen der Mittelfußknochen mit den Grundphalangen sind die Articulationes metatarsophalangeae und die Gelenke zwischen den Phalangen sind die Articulationes interphalangeae.

a) Oberes Sprung- oder Fußgelenk, Articulatio talocruralis. Figg. 415—423, 425, 429.

Die artikulierenden Knochen sind das Schienbein, das Wadenbein, das Sprungbein.

Die artikulierenden Flächen sind die Facies articularis inf. und die Facies articularis malleolaris der Tibia, die Facies articularis malleoli der Fibula sowie von der Trochlea tali die Facies superior, Facies malleolaris medialis und Facies malleolaris lateralis. Tibia und Fibula bilden eine Klammer, welche die Talusrolle umfaßt. Letztere ist vorn breiter als hinten. Die Facies articularis inf. der Tibia steht schräg medianabwärts geneigt; sie ist von vorn nach hinten konkav und besitzt einen in sagittaler Richtung verlaufenden Wulst, welcher in einer entsprechenden Rinne der Facies sup. tali schleift. Der Knorpel ist in der Mitte dieser Fläche etwa 2 mm dick. Die Facies articularis malleolaris der Tibia ist nicht so hoch (1—1,2 cm) wie die Facies articularis malleoli der Fibula (2—2,5 cm).

Die Talusrolle ist auf dem Sagittalschnitt ungefähr kreisförmig mit einem Radius von etwa 2 cm; ihr Bogenwert ist größer als der Bogenwert der Facies art. inf. tibiae. Er beträgt etwa 120°. Der mediale Rand der Rolle verläuft annähernd gerade nach vorn, der laterale verläuft vor- und lateralwärts, so daß die Rolle vorn breiter ist als hinten. Ferner steht der laterale Rollenrand höher als der mediale, so daß die Rollenfläche medianabwärts geneigt ist.

Die Gelenkkapsel nimmt dicht am Rande der überknorpelten Gelenkflächen ihren Ursprung und greift nur von der oberen Gelenkfläche der Talusrolle etwas auf den Hals des Talus über. An den Seiten ist die Kapsel straff, vorn und hinten schlaffer.

Die Gelenkhöhle ist vollkommen selbständig, sie setzt sich in die zwischen Tibia und Fibula befindliche, etwa 1 cm tiefe Spalte fort. Je eine größere quere Synovialfalte befindet sich an der vorderen und an der hinteren Wand der Kapsel.

Von besonderen Einrichtungen sind sieben Seitenbänder vorhanden, welche sich in folgender Weise übersichtlich ordnen lassen:

Lig. deltoideum	1. Lig. tibionaviculare,	
	2. Lig. talotibiale ant.,	5. Lig. talofibulare ant.,
	3. Lig. calcaneotibiale,	6. Lig. calcaneofibulare,
	4. Lig. talotibiale post.,	7. Lig. talofibulare post.

Tibia und Fibula besitzen also je ein vorderes und ein hinteres Band zum Talus sowie je ein Band zum Calcaneus, dazu kommt noch als besondere Verbindung der Tibia das Lig. tibionaviculare. Die vier Bänder der Tibia liegen dicht aneinander und bilden eine dreieckige Platte, welche als Lig. deltoideum bezeichnet wird.

Im einzelnen ist von diesen Bändern zu sagen:

Das Lig. tibionaviculare ist etwa 5 mm breit. Es entspringt am vorderen Rand sowie an der Spitze des medialen Knöchels und setzt sich auf der dorsalen und auf der medialen Fläche des Naviculare an. Figg. 417, 423.

Das Lig. talotibiale ant. besteht gewissermaßen aus den kurzen, nur bis zum vorderen Rand der medialen Gelenkfläche der Talusrolle ziehenden Bündeln. Es liegt versteckter und zum Teil gedeckt durch das Lig. tibionaviculare. Figg. 417, 423.

Das Lig. calcaneotibiale ist etwa 1 cm breit und sehr stark. Es entspringt an der Außenfläche des medialen Knöchels und befestigt sich am Sustentaculum tali des Calcaneus. Seine vordersten Bündel gehen in das Lig. calcaneonaviculare plantare über. Figg. 415—417.

Das Lig. talotibiale post. ist nach Fick ungefähr 15 mm breit und 5 mm dick. Es ist bedeckt von der Sehnenscheide des M. tibialis post., entspringt von den hinteren Teilen des medialen Knöchels und zieht schräg nach hinten lateralwärts und abwärts zum hinteren Rand der medialen Gelenkfläche der Talusrolle. Figg. 416, 417.

Das Lig. talofibulare ant. entspringt vom vorderen Rand des lateralen Knöchels und heftet sich am Vorderrand der lateralen Gelenkfläche der Talusrolle an. Es ist etwa 1 cm breit und nicht sehr stark. Figg. 418, 423.

Das Lig. calcaneofibulare entspringt vom lateralen Knöchel am unteren Teil des vorderen Randes (nicht an der Spitze) und zieht schräg abwärts und rückwärts zur lateralen Fläche des Fersenbeins. Es ist etwa 8 mm breit, 5 mm dick und 2 cm lang (Fick); lateral von ihm ziehen die Sehnen der Mm. peronaei. Figg. 415, 416, 418, 423.

Das Lig. talofibulare post. verläuft fast horizontal. Es entspringt aus der tiefen Grube des lateralen Knöchels und setzt am Processus posterior tali an. Es ist das stärkste der drei fibularen Bänder. Fig. 416.

Mechanik des oberen Sprunggelenkes. Das obere Sprunggelenk stellt ein Scharniergelenk dar, dessen Bewegung um eine etwas unter der medialen Knöchelspitze quer durch das Sprungbein ziehende horizontale Axe stattfindet. Die zu einer Klammer vereinigten distalen Enden der Unterschenkelknochen umfassen die obere Gelenkfläche des Talus, so daß bei straffen Bändern und Dorsalflexion des Fußes eine seitliche Bewegung nicht möglich ist. Dagegen sind um so größere Wackelbewegungen möglich, je mehr der Fuß plantarwärts flektiert

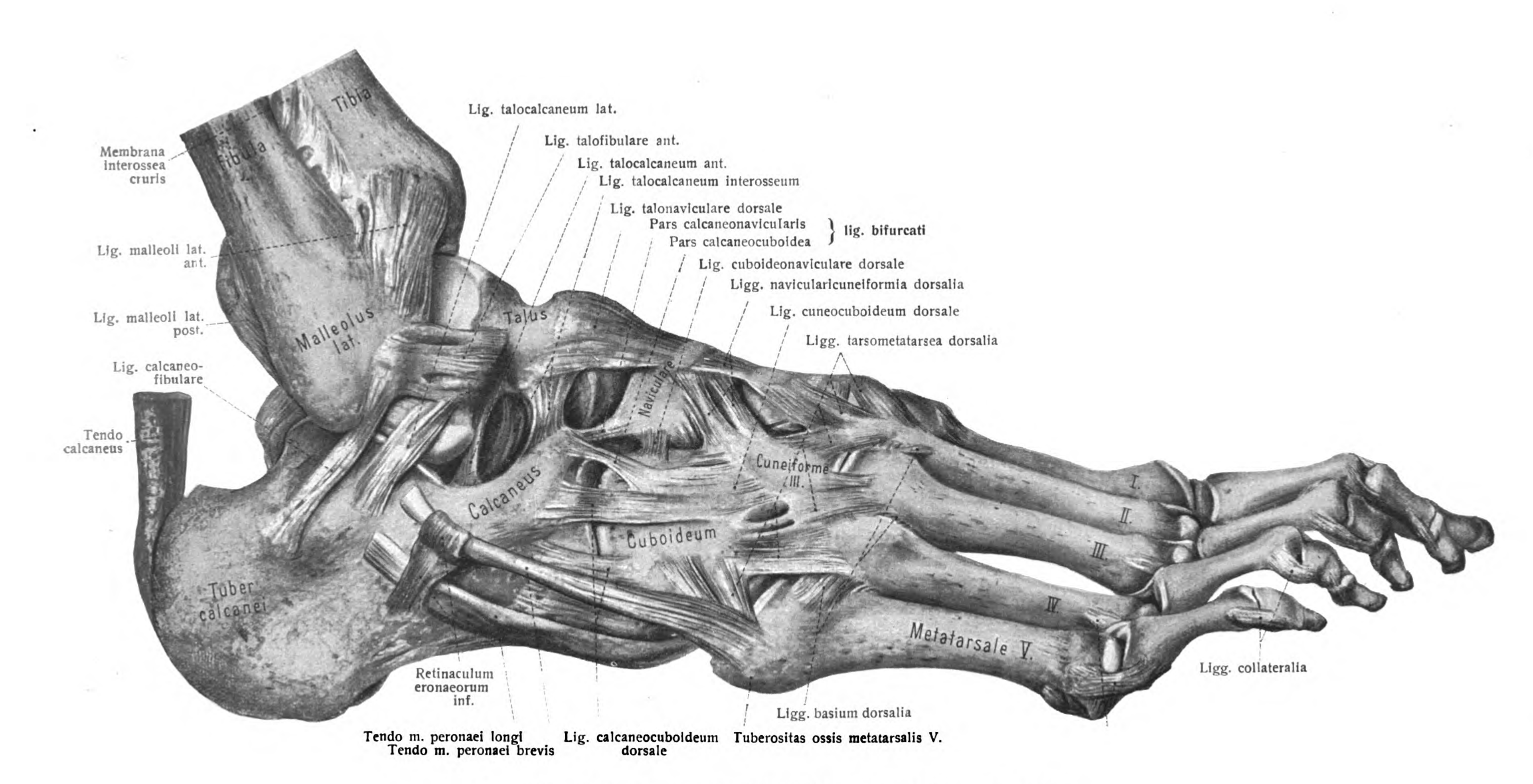


Fig. 418. Gelenke des rechten Fußes, Articulationes pedis (1/1), von der lateralen Seite her. Nach Entfernung der Gelenkkapseln.

Lig. cuneocuboideum dorsale

Ligg. naviculariscuneiformia dorsalia

Lig. bifurcatum { Pars calcaneonavicularis / Pars calcaneocuboidea

Lig. calcaneonaviculare plantare

Lig. talocalcaneum ant.

Lig. talocalcaneum interosseum

Tendo m. tibialis post.

Fig. 419.

Linke Fußwurzelknochen (1/1)

nach Wegnahme des Sprungbeins.

(Präparat von **H. Virchow.**)

Lig. talocalcaneum interosseum

Lig. calcaneocuboideum dors.

Fig. 420. Fersenbein, Sprungbein, Würfelbein des linken Fußes im Zusammenhang (1/1).
Das Sprungbein ist durch einen Sägeschnitt, welcher dem Sulcus tali folgt, in zwei Stücke zerlegt. Das laterale (hintere) Stück ist entfernt, um das Lig. talocalcaneum interosseum zu zeigen. Ansicht von der lateralen Seite.
(Präparat von **H. Virchow.**)

wird, weil alsdann der hintere schmale Teil der Talusrolle lockerer in der Unterschenkelgabel steckt.

b) Articulationes intertarseae. Figg. 415—429.

α. Hinteres Sprunggelenk, Articulatio talocalcanea (post).

Die artikulierenden Knochen sind das Sprungbein und das Fersenbein.

Die artikulierenden Flächen sind die konkave, abgerundet rechteckige Facies articularis calcanea post. des Talus und die konvexe Facies articularis post. des Calcaneus.

Die Gelenkkapsel ist dünn, schlaff und befestigt sich in der Nähe der Knorpelgrenzen.

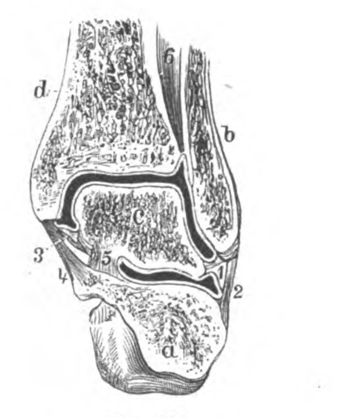


Fig. 421.

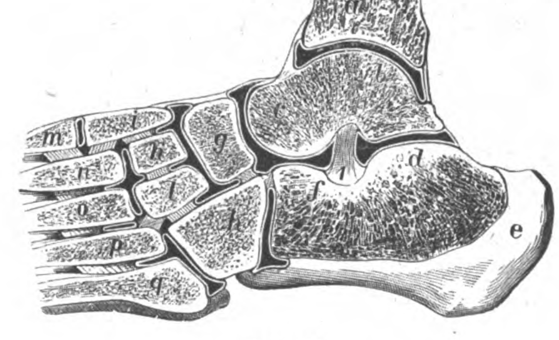


Fig. 422.

Fig. 421. **Gelenkhöhlen des oberen und des hinteren Sprunggelenkes** (schematisch) an einem Frontalschnitt durch die hintere Abteilung der linken Fußwurzel, vorderes Stück von hinten gesehen. 1 : 2.
a Calcaneus; *b* Fibula; *c* Talus; *d* Tibia. 1 Lig. talofibulare posterius; 2 Lig. calcaneofibulare; 3 Lig. talotibiale und 4 Lig. calcaneotibiale, Teile des Lig. deltoideum; 5 Lig talocalcaneum interosseum.
Zwischen 1 und 3 Höhle des oberen, zwischen 2 und 5 Höhle des hinteren Sprunggelenkes.

Fig. 422. **Gelenkhöhlen der Fußgelenke** (schematisch). Schrägschnitt durch die Fußwurzel und die Mittelfußknochen der linken Seite. 1 : 2.
Der Schnitt ist schief von oben und innen nach außen und unten durch das distale Ende des Schienbeines, die Fußwurzel und den Mittelfuß geführt. *a* Tibia; *b* Corpus tali; *c* Caput tali; *d* Corpus calcanei; *e* Tuber calcanei; *f* Caput calcanei; *g* Os naviculare; *h* Os cuboideum; *i, k, l* Ossa cuneiformia I, II, III; *m, n, o, p, q* Metatarsalia I, II, III, IV, V; 1 Lig. talocalcaneum interosseum.
Die drei Sprungbeingelenke und das Fersenbein-Würfelbeingelenk besitzen abgeschlossene Synovialhöhlen; die Gelenke zwischen Kahnbein und den drei Keilbeinen sind in eine gemeinschaftliche Synovialhöhle eingeschlossen; zwischen Fußwurzel und Mittelfuß finden sich drei, manchmal nur zwei Synovialhöhlen.

Die Gelenkhöhle ist selbständig, kommuniziert aber bei älteren Personen nicht selten mit dem oberen Sprunggelenk.

Von besonderen Einrichtungen sind vier Bänder vorhanden.

1. Lig. talocalcaneum ant. liegt am Eingang des Sinus tarsi, und zwar an der Rückwand desselben. Figg. 418, 419, 423.

2. Lig. talocalcaneum post. zieht vom Proc. post. tali zum Calcaneus. Fig. 416.

3. Lig. talocalcaneum mediale liegt im lateralen Teil des Sinus tarsi.

4. „ „ laterale entspringt von der lateralen Fläche des Talus unterhalb der Insertion des Lig. talofibulare ant. und zieht zur lateralen Fläche des Calcaneus. Figg. 418, 423.

Dazu kommt noch ein von Fick besonders benannter Zug, das Lig. talocalcaneum mediale superficiale horizontale (Figg. 417, 424), welcher vom Proc. post. tali zum Sustentaculum tali des Calcaneus zieht.

β. Vorderes Sprunggelenk, Articulatio talocalcaneonavicularis.

Es besteht aus der Art. talocalcanea ant., talocalcanea media und der Art. talonavicularis.

Die artikulierenden Knochen sind Sprungbein, Fersenbein, Kahnbein.

Die artikulierenden Flächen sind nicht nur überknorpelte Knochenflächen, sondern auch die Oberfläche eines Bandes des Lig. calcaneonaviculare plantare (Fig. 419), welches unterhalb des Taluskopfes verläuft und ihn trägt. An den Knochen sind vorhanden: Die Facies articularis calcanea ant. und die Facies articularis calcanea media des Talus, welche mit den entsprechenden Flächen des Calcaneus, der Facies articularis ant. und Facies articularis media in Verbindung stehen, ferner die Gelenkfläche des Caput tali, welche in einer entsprechenden Aushöhlung auf der proximalen Fläche des Naviculare schleift. Dazu kommt die Gelenkfläche der Fibrocartilago navicularis (Fig. 419), welche sich auf dem Lig. calcaneonaviculare plantare befindet. Vordere und mittlere Gelenkflächen von Talus und Calcaneus können in höherem oder geringerem Grade miteinander zusammenhängen oder völlig getrennt sein.

Die Gelenkkapsel entspringt fast überall dicht an den Knorpelrändern der Gelenkflächen. Sie fehlt an der Innenfläche des Lig. calcaneonaviculare plantare.

Die Gelenkhöhle ist meistens ein einheitlicher Raum, doch kann das Gelenk zwischen den mittleren Flächen des Talus und Calcaneus eine eigene ringsherum geschlossene Kapsel besitzen, wenn die vorderen und mittleren Gelenkflächen beider Knochen ganz selbständig sind.

Von besonderen Einrichtungen sind eine Anzahl Verstärkungsbänder vorhanden.

1. Lig. talocalcaneum interosseum. Es entspringt im Sulcus tali und befestigt sich im Sulcus calcanei. Zusammen mit Fettgewebe und dem Lig. talocalcaneum ant., von welchem es durch die Bursa sinus tarsi geschieden wird, bildet es die Ausfüllung des Sinus tarsi. Es besteht aus mehreren platten Faserzügen, welche von oben medial, nach unten lateral ziehen. Figg. 418, 420, 423.

2. Lig. calcaneonaviculare plantare, Pfannenband, ist von hoher Bedeutung. Es entspringt am Sustentaculum tali und an der medialen vorderen Ecke des Fersenbeins. Es befestigt sich an der medialen und an der plantaren Fläche des Naviculare. Es ist oft über 5 mm dick und enthält auf seiner dorsalen Fläche, dort, wo der Taluskopf auf ihm schleift, die faserknorpelige, manchmal verkalkte, seltener verknöcherte Fibrocartilago navicularis. Figg. 419, 424, 426.

   Die Bedeutung des Pfannenbandes besteht darin, daß es den Kopf des Talus trägt. Wenn es erschlafft, so wird der Taluskopf nach unten vorgetrieben, das Fußgewölbe flacht sich ab und es entsteht ein sogenannter Plattfuß.

3. Pars calcaneonavicularis lig. bifurcati. Das Lig. bifurcatum oder Schlüsselband des Chopartschen Gelenkes ist ein y- oder v-förmiges Band; es hat große Bedeutung für die Chirurgie (siehe weiter unten Articulatio tarsi transversa, Chopartsches Gelenk). Es entspringt am vorderen oberen Rand des Fersenbeins, an der Kante zwischen der Facies articularis ant. und der Facies articularis cuboidea. Es teilt sich in zwei Stränge. Der laterale, Pars calcaneocuboidea lig. bifurcati zieht zur Dorsalfläche des Os cuboideum, der mediale Teil des Bandes, Pars calcaneonavicularis lig. bifurcati heftet sich an der hinteren lateralen oberen Ecke des Naviculare an. Figg. 418, 419, 423.

4. Lig. talonaviculare dorsale zieht von der dorsalen Fläche des Collum tali zur dorsalen Fläche des Naviculare. Figg. 418, 423.

5. Lig. calcaneonaviculare dorsale.

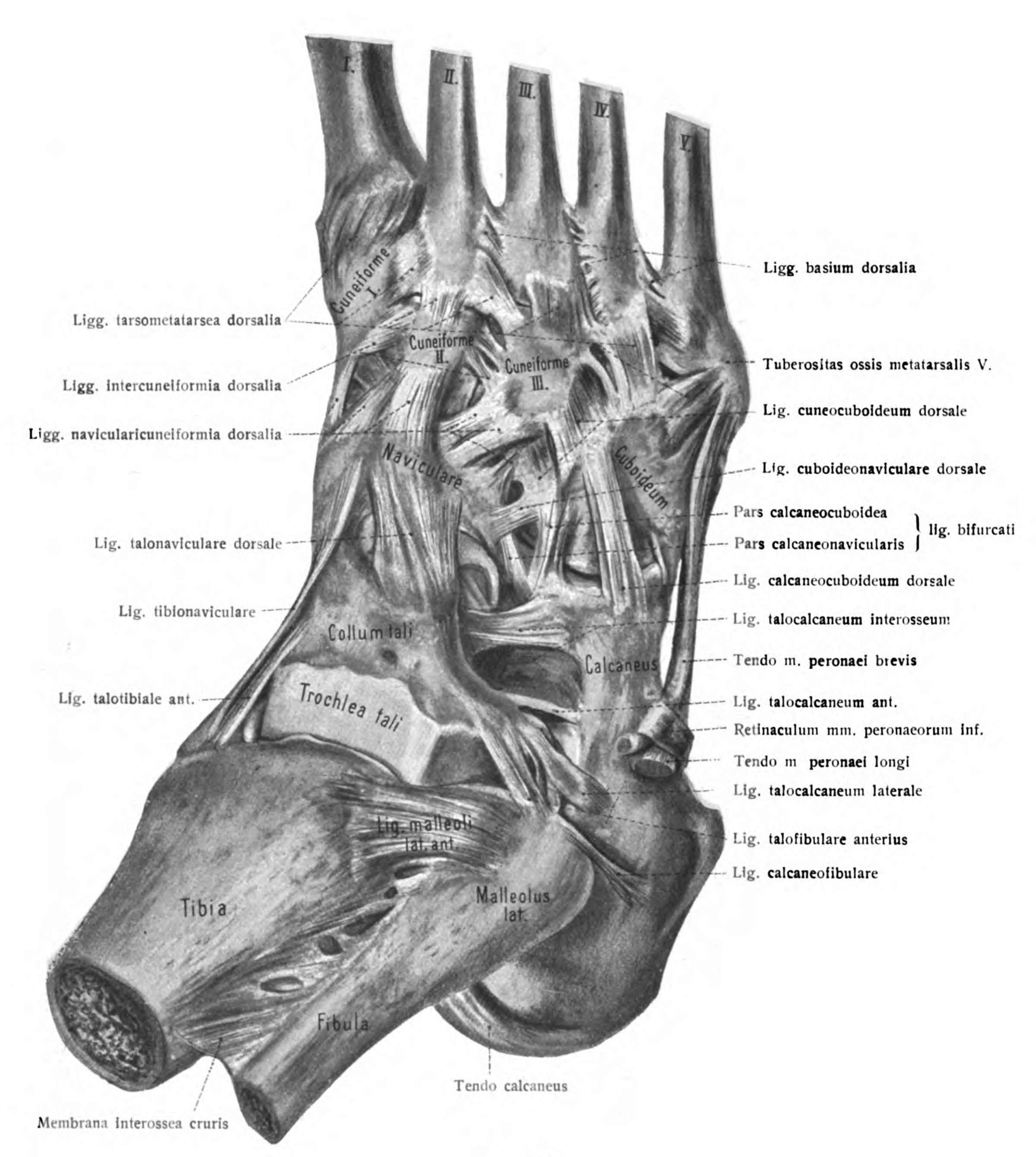


Fig. 423.

Gelenke des rechten Fußes, Articulationes pedis ($^1/_1$)
von oben.
Nach Entfernung der Gelenkkapseln, der Zehen und der distalen Stücke der Metatarsalia.

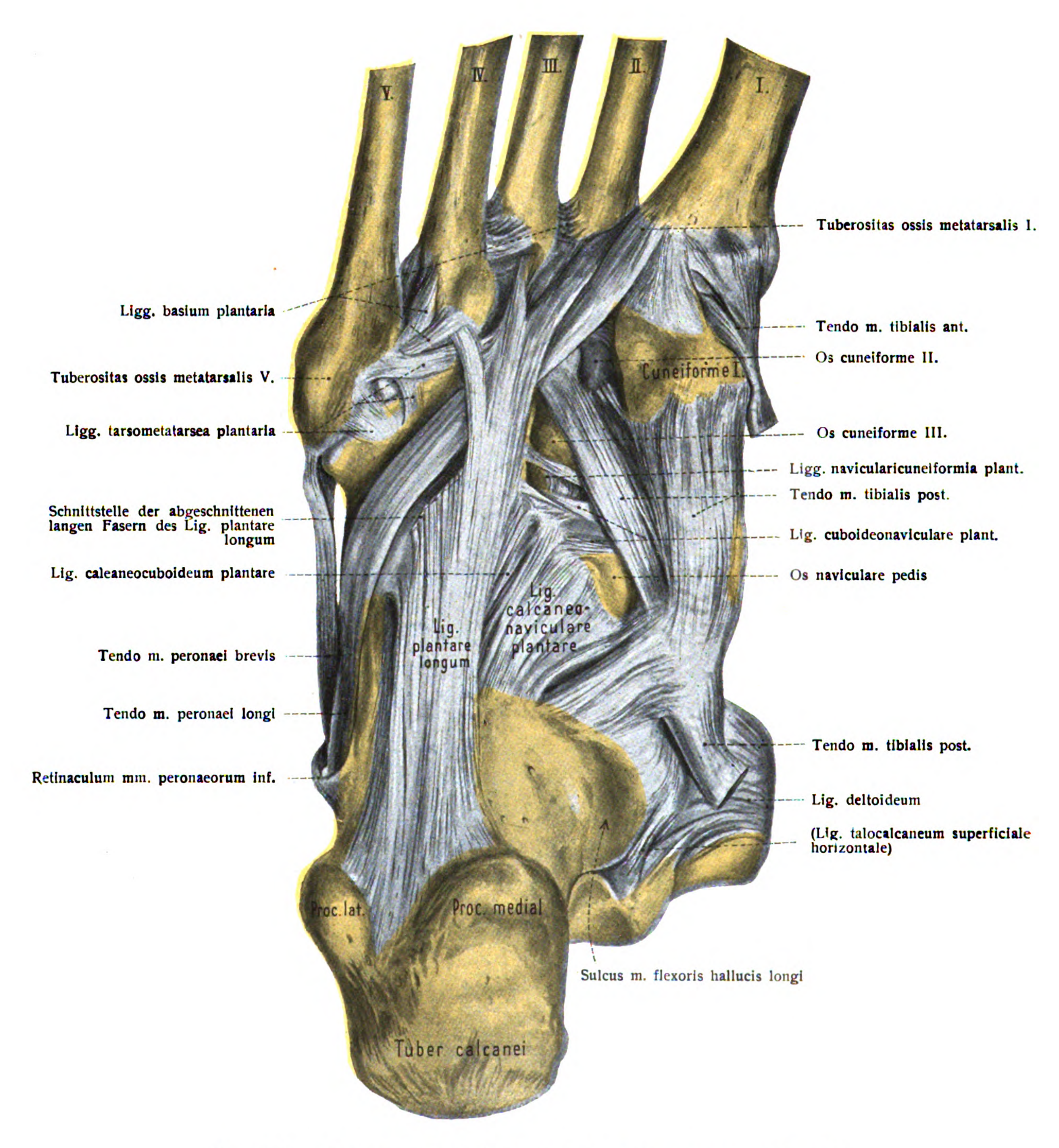


Fig. 424. Gelenke des rechten Fußes, Articulationes pedis ($^1/_1$),
von der plantaren Fläche gesehen.
Nach Entfernung der Gelenkkapseln, der Zehen und der distalen Stücke der Metatarsalia.
(Präparat von **H. Virchow.**)

γ. Fersen-Würfelbeingelenk, Articulatio calcaneocuboidea.

Die artikulierenden Knochen sind das Fersenbein und das Würfelbein.

Die artikulierenden Flächen sind die sattelförmige Facies articularis cuboidea des Calcaneus und die entsprechend gestaltete proximale Gelenkfläche des Cuboideum.

Die Gelenkkapsel ist an der medialen Seite straff, an der lateralen schlaff und in einiger Entfernung von den Knorpelrändern befestigt. Die Gelenkhöhle ist meist vollständig von den benachbarten Gelenken abgeschlossen. Fick hat manchmal eine Verbindung mit der Art. talocalcaneonavicularis gefunden.

Von besonderen Einrichtungen sind folgende Verstärkungsbänder vorhanden. Figg. 418—420, 423—426.

1. Pars calcaneocuboidea lig. bifurcati ist der laterale Teil des oben genauer beschriebenen Lig. bifurcatum. Es heftet sich auf der dorsalen Fläche des Cuboideum an.
2. Lig. calcaneocuboideum dorsale entspringt von der dorsalen und lateralen Fläche des Fersenbeins und befestigt sich auf der dorsalen Fläche des Cuboideum. Fig. 423.
3. Lig. calcaneocuboideum plantare sind breite Bandmassen, welche vom distalen Ende der Plantarfläche des Fersenbeins entspringen und distalwärts fächerförmig sich verbreiternd an der Tuberositas ossis cuboidei inserieren. Figg. 424, 426.
4. Lig. plantare longum ist das längste aller Fußbänder. Es entspringt auf der Plantarfläche des Calcaneus, nnd zwar von den Basen des Processus medialis und lateralis tuberis calcanei und der zwischen ihnen befindlichen Grube, ferner von der ganzen Oberfläche des großen plantaren Längswulstes des Fersenbeins, und strahlt distalwärts sich verbreiternd bis zu den Basen der Metatarsalien aus, indem seine oberflächlichsten (plantaren) Bündel über den Sulcus m. peronaei hinwegziehen und dadurch einen Kanal für die Sehne des M. peronaeus longus bilden. Seine tieferen (dorsalen) Bündel setzen an der Tuberositas ossis cuboidei an. Fig. 424.

Lig. calcaneocuboideum plantare transversum.

δ. Chopartsches Gelenk, Articulatio tarsi transversa. Fig. 425.

Die Articulatio talonavicularis zusammen mit der Articulatio calcaneocuboidea bilden das Chopartsche Gelenk der Chirurgen. Die Gelenkspalten beider Gelenke bilden eine gebogene Linie, welche die Gestalt eines quer zur Längsaxe des Fußes liegenden ∽ hat. Die mediale Konvexität des S ist distalwärts, die laterale proximalwärts gerichtet. Die Gelenkhöhlen der beiden unter dieser Bezeichnung zusammengefaßten Gelenke sind fast immer voneinander getrennt, ihre Vereinigung unter einem Namen erfolgt lediglich aus praktischen Rücksichten, weil an dieser Stelle des Fußes die Abtrennung des distalen Stückes leicht erfolgen kann, sobald das Lig. bifurcatum durchtrennt ist. Die Kenntnis dieses Bandes ist von Bedeutung für die Ausführung der Operation; erst nach Durchtrennung desselben klafft die Gelenkspalte, deshalb wird es als Schlüsselband des Chopartschen Gelenkes bezeichnet.

ε. Das Schiffbeingelenk, Articulatio cuneonavicularis.

Die artikulierenden Knochen sind das Kahnbein und die drei Keilbeine.

Die artikulierenden Flächen sind die distale mit drei Facetten versehene Fläche des Naviculare und die proximalen Flächen der durch Ligg. intercuneiformia interossea sowie durch die Ligg. intercuneiformia dorsalia und plantaria zu einer funktionellen Einheit verbundenen drei Keilbeine. Fig. 425.

Die Gelenkkapsel setzt dicht an den Rändern der Gelenkflächen an.

Die Gelenkhöhle steht in Verbindung mit den Tarsometatarsalgelenken und der Art. cuneocuboidea.

Von besonderen Einrichtungen sind dorsale und plantare Verstärkungsbänder vorhanden.

1. Ligg. naviculariсuneiformia dorsalia. Figg. 417, 418, 419, 423.
2. „ „ „ plantaria. Fig. 424.

ζ. Das Kahn-Würfelbeingelenk, Articulatio cuboideonavicularis.

Es ist ein inkonstantes Gelenk zwischen Kahnbein und Würfelbein. Die artikulierenden Flächen befinden sich am lateralen Rand des Kahnbeins und an der medialen hinteren Kante des Würfelbeins. Sie können Bohnengröße erreichen (Fick). Fig. 425.

Von Verstärkungsbändern sind vorhanden:

1. Lig. cuboideonaviculare dorsale. Figg. 418, 423.
2. Lig. cuboideonaviculare plantare. Figg. 424, 426.

η. Das Keilbein-Würfelbeingelenk, Articulatio cuboideocuneiformis.

Es ist ebenfalls ein inkonstantes Gelenk. Die artikulierende Fläche des Würfelbeins ist in Fig. 250e, die des dritten Keilbeins in Fig. 246e abgebildet. Fig. 425.

Von Verstärkungsbändern sind vorhanden:

1. Lig. cuneocuboideum interosseum. Fig. 425.
2. „ „ „ dorsale. Figg. 418, 419, 423.
3. „ „ „ plantare. Fig. 426.

c) Fußwurzel-Mittelfußgelenke, Articulationes tarsometatarseae (Lisfrancsches Gelenk). Fig. 425.

Die artikulierenden Knochen sind die drei Keilbeine und das Würfelbein sowie die Metatarsalia I—V.

Die artikulierenden Flächen sind die distalen Flächen der Cuneiformia und des Cuboideum sowie die proximalen Gelenkflächen an den Basen der Metatarsalia. Von diesen ist die Gelenkfläche des ersten Metatarsale häufig sattelförmig (L. und R. Fick), was ich aus eigener Erfahrung bestätigen kann.

Die Gelenkspalte läuft nicht gleichmäßig, sondern ist mehrfach geknickt. Namentlich ragt das zweite Metatarsale infolge der geringen Größe des zweiten Keilbeins proximalwärts zwischen das erste und das dritte Keilbein hinein. Die Kenntnis dieses Verhaltens ist von Bedeutung für die Chirurgie.

In der Regel sind drei getrennte Gelenkkapseln vorhanden (Fig. 422). Die erste für das Gelenk zwischen Cuneiforme 1 und Metatarsale I, die zweite zwischen den Cuneiformia 2, 3 und den Metatarsalia II, III, die dritte zwischen Cuboid und den Metatarsalia IV, V. Die Gelenkhöhlen des ersten und dritten sind meist vollkommen abgeschlossen, die des zweiten steht fast immer in Verbindung mit der Art. cuneonavicularis und den Artt. intermetatarseae zwischen dem II., III., IV. Metatarsale. (Genaueres siehe bei Fick.)

Von besonderen Einrichtungen sind dorsale und plantare Verstärkungsbänder und Zwischenknochenbänder vorhanden, Ligg. tarsometatarsea dorsalia, plantaria (Figg. 418, 423, 424), Ligg. cuneometatarsea interossea (Fig. 425). Letztere betrachtet Fick als seitliche Verstärkungsbänder.

d) Die Zwischen-Mittelfußgelenke, Articulationes intermetatarseae.

Es gibt nur drei solcher Gelenke. Sie werden gebildet durch die aneinanderstoßenden Flächen der Basen der Metatarsalia II—V. Die Gelenkkapseln und Ge-

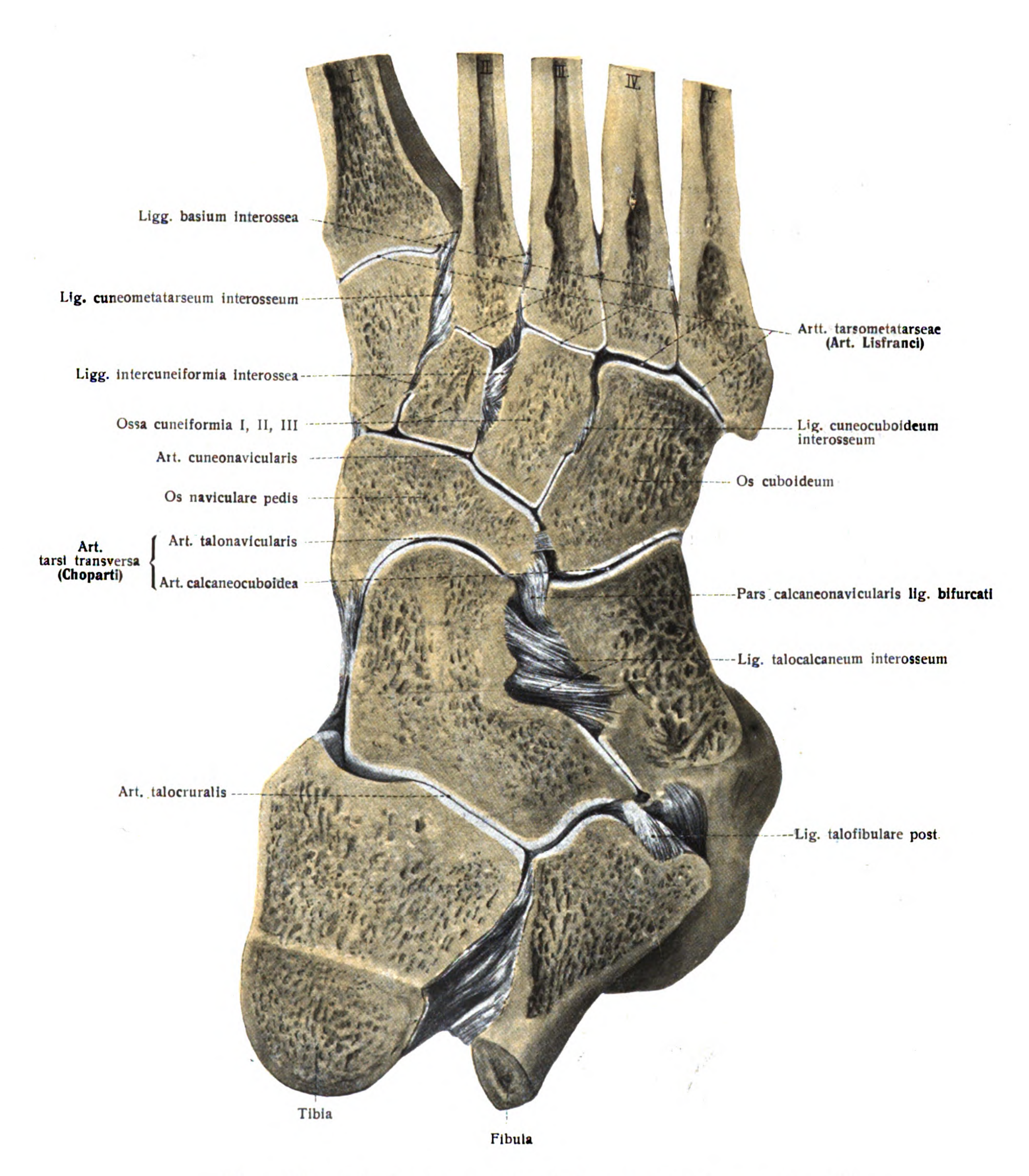


Fig. 425. Gelenke des rechten Fußes, Articulationes pedis ($^1/_1$) von der dorsalen Fläche gesehen.

Die dorsalen Teile der Knochen sind durch Abfeilen am gefrornen Präparat entfernt. Nach Wegnahme der Zehen und der distalen Stücke der Metatarsalia.

Fig. 426.

Plantare Bänder der linken Fuß-wurzelknochen ($^1/_1$).
(Präparate von **H. Virchow.**)

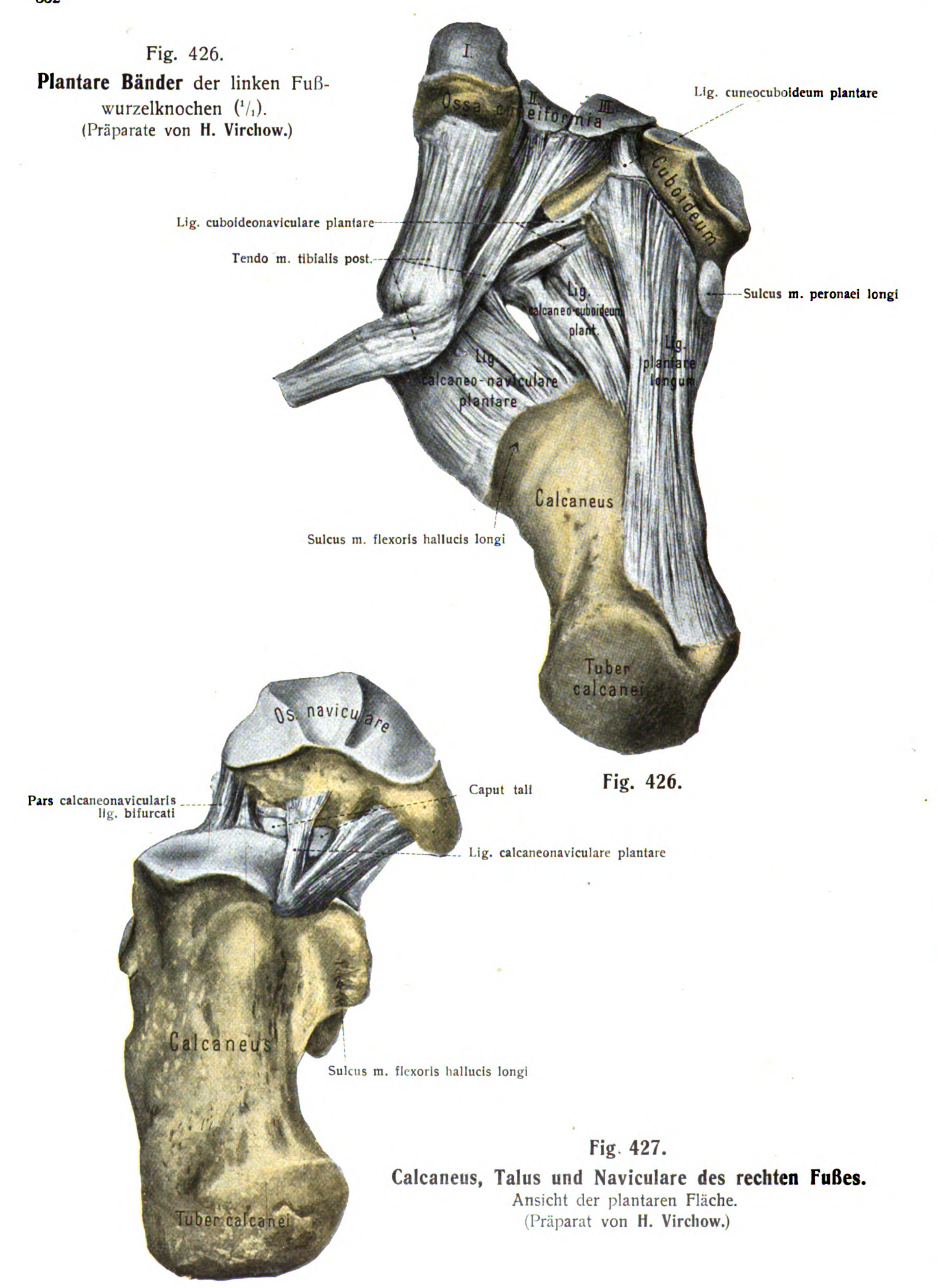


Fig. 426.

Fig. 427.

Calcaneus, Talus und Naviculare des rechten Fußes.
Ansicht der plantaren Fläche.
(Präparat von **H. Virchow.**)

lenkhöhlen sind meistens nicht selbständig, sondern stehen mit den Articulationes tarsometatarseae in Verbindung.

Von besonderen Einrichtungen sind vorhanden dorsale und plantare Verstärkungsbänder: Ligg. basium (oss. metatars.) dorsalia und plantaria (Figg. 418, 423, 424), welche in schräger Richtung zwischen den benachbarten Knochen verlaufen, sowie Zwischenknochenbänder, Ligg. basium interossea (Fig. 425), welche distalwärts von den Gelenkspalten liegen.

e) Zehen-Grundgelenke, Articulationes metatarsophalangeae. Figg. 418, 428, 429.

Die artikulierenden Knochen sind die fünf Ossa metatarsalia und die Grundphalangen der Zehen.

Die artikulierenden Flächen, sind die Köpfchen der Mittelfußknochen und die Basen der Grundphalangen. Die Gelenkflächen der Köpfchen sind annähernd kugelig; doch ist der plantare Teil des Köpfchens in der Längsrichtung weniger stark gekrümmt. Die eiförmig gestalteten Pfannen der Grundphalangen sind kleiner und flacher als die Köpfchen.

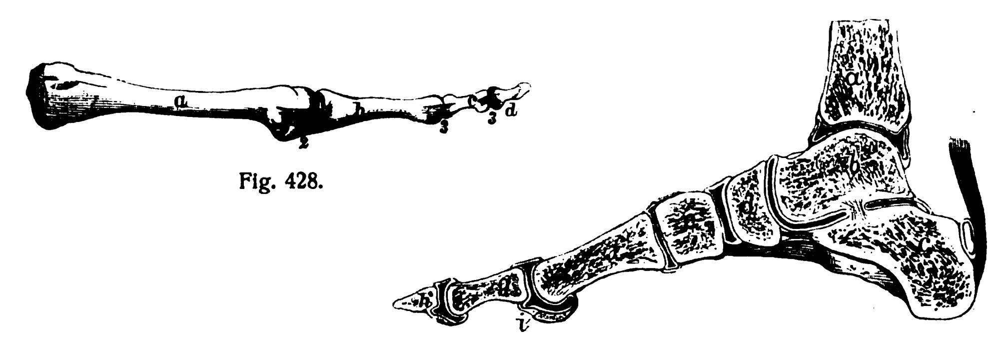


Fig. 428.

Fig. 429.

Fig. 428. Bandverbindungen der Zehen. 1:2.
a Metatarsale; *b* Phalanx prima; *c* Phalanx secunda; *d* Phalanx tertia. 1 Lig. collaterale der Art. metatarsophalangea; 2 Lig. accessorium plantare; 3, 3 Ligg. collateralia der Artt. interphalangeae.

Fig. 429. Sagittalschnitt durch die Sprungbein- und Fußgelenke, nahezu in der Mittelebene der großen Zehe des rechten Fußes. 1:3.
a Tibia; *b* Talus; *c* Calcaneus; *d* Os naviculare; *e* Os cuneiforme primum; *f* Metatarsale primum; *g* Phalanx prima; *h* Phalanx secunda; *i* Os sesamoideum.

Die Gelenkkapsel ist sehr schlaff; sie entspringt auf der Dorsalseite und an den Seitenflächen dicht am Knorpelrand, auf der Plantarfläche 5 mm vom Knorpelrand entfernt. Ihr dorsaler Teil ist sehr zart und hängt mit den Strecksehnen zusammen; auf der plantaren Fläche befindet sich eine ähnliche Einrichtung wie an den entsprechenden Gelenken der Hand, Lamina fibrocartilaginea plantaris.

Von besonderen Einrichtungen sind vorhanden sehr starke Seitenbänder, Ligg. collateralia, und zwar ein tibiales und ein fibulares. Sie entspringen in tiefen seitlich und etwas dorsalwärts gelegenen Gruben und Höckern an den Köpfchen der Metatarsalia und ziehen schräg distal-plantarwärts zu den Höckerchen zur Seite der Pfanne der Grundphalanx; das fibulare Seitenband ist oft stärker als das tibiale. Die plantarwärts ausstrahlenden Züge der Seitenbänder werden als Ligg. accessoria plantaria bezeichnet. Die faserknorpelige Lamina fibrocartilaginea plantaris entspringt am plantaren Rand der Gelenkpfanne der Grundphalanx. Sie verstärkt den plantaren Teil der Gelenkkapsel und dient gewissermaßen als Gelenklippe zur Vergrößerung der Pfanne. In ihr befinden sich die Sesambeine. Sie hängt mit den Ligg. capitulorum transversa zusammen und bildet die obere Wand der Sehnenscheiden der Flexoren.

Die Zwischenköpfchenbänder, Ligg. capitulorum transversa, spannen sich zwischen den plantaren Flächen sämtlicher Metatarsalien aus. Sie sind im medialen Teil des Fußes stärker als am lateralen und sind mit den Bändern der Artt. metatarsophalangeae verbunden. Dorsalwärts von ihnen verlaufen die Mm. interossei, plantarwärts die Mm. lumbricales sowie die plantaren Gefäße und Nerven der Zehen.

An der Kapsel des I. Metatarsophalangealgelenkes, und zwar, wie oben gesagt, innerhalb der Lamina fibrocartilaginea plantaris befinden sich konstant zwei Sesambeine, ein mediales und ein laterales, welche in tiefen Rinnen des Metatarsale I schleifen.

In der Kapsel des Gelenkes der fünften Zehe fand Pfitzner in 6,2 Proz. ein laterales, in 5,5 Proz. ein mediales Sesambein, in der Kapsel des Gelenkes der zweiten Zehe ein mediales Sesambein in 1,8 Proz.

f) Die eigentlichen Zehengelenke, Articulationes digitorum pedis. Figg. 418, 428, 429.

Zwischen den Grund- und Mittelphalangen sowie zwischen letzteren und den Nagelphalangen befinden sich im ganzen 9 gleichartig gebaute Zehengelenke, deren Bau im allgemeinen gleich den entsprechenden Fingergelenken ist.

Die artikulierenden Flächen der distalen Enden der Mittel- und Grundphalangen sind Rollen, Trochleae, welche in der Mitte eine Führungsrinne besitzen. Die entsprechenden Flächen an den Basen der Mittel- und Nagelphalangen sind flache, mit einer Führungsleiste versehene Pfannen, doch ist an dem Gelenk zwischen Mittel- und Nagelphalanx die Rinne der Trochlea und die Leiste der Pfanne meistens kaum noch in Spuren vorhanden.

Die Gelenkkapsel setzt bei der Pfanne dicht am Knorpelrand, bei der Trochlea etwas weiter entfernt an. Sie ist an der Dorsalseite dünn und mit der Strecksehne verwachsen. An der Plantarseite enthält sie eine ähnliche faserknorpelige Platte wie die Metatarsophalangealgelenke.

Von besonderen Einrichtungen sind Seitenbänder, Ligg. collateralia, vorhanden. Sie entspringen aus Gruben seitlich und dorsalwärts von der Trochlea und ziehen schräg plantar- und distalwärts zur Basis der entsprechenden Phalanx. Die Gefäße und Nerven stammen von den benachbarten Arteriae, Venae und Nervi digitales.

Mechanik der Fußwurzel- und Fußwurzel-Mittelfuß-Gelenke.

Für die physiologische Betrachtung ist die Fußwurzel zu teilen in einen hinteren Teil, in welchem freie Gelenke vorhanden sind, und in einen vorderen Abschnitt, dessen Knochen durch Amphiarthrosen miteinander verbunden sind.

Der vordere Abschnitt besteht aus dem Metatarsus und den drei Keilbeinen, und zwar sind die Metatarsalia II und III mit den drei Keilbeinen zu einer festen Einheit verbunden, während das Metatarsale I gegen das Cuneiforme I, die Metatarsalia IV, V gegen das Cuboideum eine gewisse Beweglichkeit besitzen.

Der hintere Abschnitt enthält die Art. talocalcanea post., die Art. talocalcaneonavicularis, die Art. calcaneocuboidea.

Diese Verbindungen sind für die mechanische Betrachtung anders zu gruppieren als für die anatomische Beschreibung. So hat z. B. der Talus mit dem Calcaneus zwei voneinander völlig getrennte Gelenke, welche aber funktionell eine Einheit bilden, während andrerseits die Art. talocalcaneonavicularis für die mechanische Betrachtung aus zwei Teilen besteht, der Verbindung zwischen Talus und Naviculare,

sowie der Verbindung zwischen Talus und Calcaneus, welche, wie schon gesagt, zusammen mit der Art. talocalcanea post. funktionell eine Einheit bilden. Die drei Verbindungen, deren Funktion im folgenden geschildert werden soll, sind demnach:

1. Die Verbindung zwischen Talus und Calcaneus; 2. die Verbindung zwischen Talus und Naviculare; 3. die Verbindung zwischen Calcaneus und Cuboideum.

Zunächst ist hervorzuheben, daß diese drei Verbindungen, infolge der Gelenkbänder, nicht unabhängig benutzt werden können. Vielmehr sind ihre Bewegungen zwangsmäßig miteinander verbunden derart, daß mit der Abduktion der Fußspitze gegen die mediale Seite gleichzeitig Hebung des medialen Fußrandes (Supination), und daß mit der Abduktion der Fußspitze Senkung des medialen Fußrandes (Pronation) eintritt.

1. Verbindung des Talus und des Calcaneus. Obwohl die Facies art. post. des Talus konkav und die des Calcaneus konvex sind, während die Facies artt. ant. und media des Talus konvex und die des Calcaneus konkav sind, gibt es nur eine einheitliche, und zwar feste

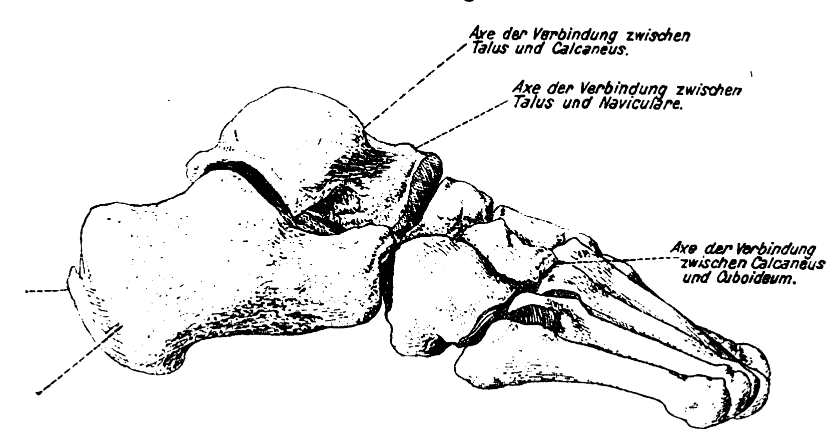


Fig. 430.

Axen der freien Gelenke der Fußwurzel. Rechter Fuß von der lateralen Seite gesehen. (Nach Dönitz, Inauguraldissertation, Berlin 1903.)

Axe für diese Verbindung (Fig. 430). Sie geht in der Mitte zwischen beiden Gelenkabschnitten durch, tritt an der unteren Kante des Tuber calcanei aus, ist ungefähr 45° zum Horizont geneigt und steht mit den vorderen Enden etwas mehr medial.

Eine Komplikation erleidet diese Verbindung dadurch, daß die Gelenkflächen des Calcaneus nicht gleichmäßig gekrümmt sind. Bei der Facies articularis post. ist der hintere Abschnitt stärker gekrümmt, so daß bei der Bewegung Talus und Calcaneus klaffen und nur während der Ruhelage, wie sie beim Stehen zur Geltung gelangt, ein vollkommener Kontakt stattfindet. Bei der Facies articularis ant. + med. tritt der hintere Abschnitt, welcher dem Sustentaculum angehört, nach oben heraus, so daß bei der Abduktionsbewegung der Kopf des Talus gezwungen ist, auf dem Ende der Fläche anzusteigen. Hierdurch wird aber eine Spannung der Bänder hervorgerufen, welche die Hemmung der Bewegung herbeiführt.

2. Die Verbindung des Talus mit dem Naviculare erscheint auf den ersten Blick als ein Kugelgelenk, da der Taluskopf sowohl in horizontaler wie in vertikaler Richtung konvex ist. In Wahrheit handelt es sich aber auch hier um ein einaxiges Gelenk, bei welchem die Axe nicht durch die Mitte des Taluskopfes, sondern dicht oberhalb seines oberen Randes eintritt und schief nach unten verläuft. Sie geht daher nicht durch das Naviculare, sondern oberhalb desselben vorbei. Ihr oberes Ende ist gleichfalls medianwärts gerichtet. Der Kopf des Talus ist auch genau genommen nicht ein Kugelabschnitt, sondern ist von oben und von der medialen Seite her komprimiert (Pommeranze, Henke).

3. Die Verbindung des Calcaneus mit dem Cuboideum erscheint zunächst wie ein Sattelgelenk, da die Facies articularis cuboidea des Calcaneus in annähernd horizontaler Richtung

konvex und rechtwinklig dazu konkav ist. Tatsächlich aber handelt es sich auch hier um ein einaxiges Gelenk, dessen Axe am Calcaneus durch die am meisten medial gelegene und zugleich am weitesten nach hinten verschobene Ecke der Gelenkfläche und dementsprechend am Cuboideum durch den zapfenartig in diesen Abschnitt des Calcaneus hineinpassenden Vorsprung der medialplantaren Ecke hindurchgeht. Die Axe liegt von allen drei Axen am flachsten, d. h. dem Horizont am meisten genähert, und zwar so, daß ihr vorderes Ende höher steht als das hintere.

Die Mechanik der Zehengrundgelenke und der eigentlichen Zehengelenke ist dieselbe wie bei den entsprechenden Gelenken der Hand. Erstere sind Kugelgelenke, letztere Scharniergelenke.

Der Fuß als Ganzes.

Die Beziehung der unteren Extremität zum Boden wird nicht durch eine ebene Platte, sondern durch ein Gewölbe hergestellt. Als Schlußstein dieses Gewölbes erscheint der Talus, welcher zugleich einen knöchernen Discus darstellt.

An dem Fußgewölbe erkennt man leicht den hohen Großzehenbogen und den niedrigen Kleinzehenbogen; der mediale Bogen senkt sich bogenförmig gegen den lateralen. So haben wir die Form eines Nischengewölbes (Szymanowsky). Werden die Nischengewölbe beider Füße symmetrisch nebeneinander aufgestellt, so ergibt sich die Form eines Kuppelgewölbes. Auf einem solchen ruht die Körperlast vermittelst der Oberschenkel- und Unterschenkelknochen.

Als Stützpunkte (Fußpunkte) des Nischengewölbes machen sich geltend das Tuber calcanei als vordere Hauptstütze das Capitulum des Metatarsale III, als Seitenstützen die übrigen Metatarsalia. Auch die Tuberositas des Metatarsale V kann noch als Seitenstütze in Betracht kommen. Die große Zehe und das Metatarsale I kommen mehr für die Abwicklung des Fußes vom Boden beim Gehen in Betracht.

H. Virchow, auf Röntgenaufnahmen fußend, fand beim Stehen die Sesama hallucis und das Capitulum ossis metatarsalis V am tiefsten gestellt (1900).

Tritt man mit physiologischem Gesichtspunkt an die Beurteilung des verwickelten Bandapparates und erwägt man zugleich, daß dieses Gewölbe in verschiedener Weise zum Stehen und Gehen verwendet werden kann, so gelangt man zu einer anderen Gruppierung der Bänder, als sie im Vorausgehenden gegeben worden ist. So wurden von H. Meyer vor Jahren vier Hauptgruppen von Bändern unterschieden:

1. quere Vereinigung der Zehen bezw. der Knochen der distalen Reihe der Fußwurzel;
2. plantarer longitudinaler Banderzug;
3. dorsaler, medialer und lateraler Bänderzug. —

Die verschiedenen Methoden, nach welchen das Fußgewölbe in statischer Hinsicht gebraucht werden kann, sind unschwer zu unterscheiden:

1. ein Sohlenstand, der schon geschildert worden ist;
2. ein Großzehenstand, mit Erhebung des Fußgewölbes auf das Köpfchen des Metatarsale I;
3. ein Kleinzehenstand, mit Erhebung auf die lateralen Capitula, insbesondere auf das Capitulum ossis metatarsalis III.

Diese drei Gebrauchsformen liegen in der Breite der gewöhnlichen Anwendung. Als ungewöhnliche Gebrauchsformen des Fußgewölbes lassen sich angeben der Hackenstand, mit Erhebung auf das Tuber calcanei; der Stand auf dem lateralen Fußrand; der Stand auf den vorspringenden Teilen des medialen Fußrandes.

Wichtig ist, daß vier von diesen Formen als krankhafte Veränderungen des Fußgewölbes eine bedeutende Rolle in der Pathologie des Fußes spielen: der Hackenfuß, der Spitz- oder Pferdefuß, der Plattfuß und der Klumpfuß.

Der Fuß bildet ferner einen sehr viel benutzten Gegenstand für mehr oder weniger weitgehende künstliche Verstümmelung durch den Gebrauch unpassenden Schuhwerkes, welches den Fuß nach sich selbst umzumodeln sucht und dadurch den arglosen, der Mode huldigenden Besitzer empfindlich schädigt.

Stehen.

Stehen ist jene Haltung des Körpers, in welcher sein Schwerpunkt durch die von einem oder von beiden Füßen bedeckte oder zwischen ihnen eingeschlossene Bodenfläche unterstützt wird. Beim aufrechten Stehen wird der Körper mit möglichst geringem Muskelaufwand durch den Mechanismus seines Skelets getragen. Was man unter Fußdreieck und Füßeviereck des Bodens zu verstehen habe, ist aus dem früheren leicht ersichtlich.

Das sicherste Stehen findet nun statt, wenn die vom Schwerpunkt des ganzen Körpers (oberer Teil des Canalis sacralis) herabfallende Schwerlinie ungefähr in die Mitte zwischen die Hauptunterstützungspunkte des Fußes fällt. Dieses ist nur möglich bei einer Schiefstellung der beiden Extremitätenaxen nach unten hinten, in einem Winkel von 83—84° gegen den horizontalen Boden. Die Schwerlinie des Körpers fällt dabei 5 cm hinter die Hüftaxe, 3 cm vor die Knöchelaxe. Ruhe in den Beinen ist gegeben durch die Feststellung des Talus in der Malleolengabel und des Kniegelenkes.

Neuerdings gewinnt die Ansicht Geltung, beim Stehen werde das Kniegelenk nicht durch besondere Mechanismen fixiert und vor dem Einknicken bewahrt, sondern es genüge dazu die Wirkung der Körperschwere allein. Sobald nämlich die Schwerlinie vor der Flexionsaxe des Knies herabfällt, wirkt die Schwere nur streckend, nicht beugend (Haycraft, R. du Bois-Reymond).

Synthetische Betrachtung der menschlichen Skeletform.

Man kann versuchen, ausgehend von der Form eines neutralen Mammalienskelets, das in horizontaler Richtung getragen wird, die menschliche Skeletform zu gewinnen; oder man kann umgekehrt versuchen, das Skelet des Menschen durch Setzung tierischer Bedingungen in das Skelet eines Vierfüßers umzuformen.

Ersterer Versuch ist von H. Meyer ausgeführt und in folgender interessanter Weise erledigt worden. Ist einmal der Fuß plantigrad eingestellt und hat er die Rolle eines tragenden Gewölbes übernommen, so erwächst den Unter- und Oberschenkelknochen die Aufgabe, die Lastübertragung des Rumpfes auf den Fuß zu übermitteln. Wenn Vierfüßer sich aufzurichten versuchen, so zeigen sie alle sehr bedeutende Mängel in der Form dieser Lastübertragung, die nur selten gemindert gefunden werden, wie bei einigen höheren Affen. Die Mängel werden beseitigt durch die Einführung des Grundsatzes, das Oberschenkelbein in extreme Streckstellung dem ruhenden Becken gegenüber zu bringen. Dies kann nur geschehen, wenn das Knieende des Oberschenkelbeins zurückweicht, wenn, mit anderen Worten, eine extreme Streckstellung des Kniegelenkes sich mit einer ebensolchen des Hüftgelenkes verbindet. Dann bilden Becken, Ober- und Unterschenkel bereits ein in sich ruhendes Ganzes.

Bei den Vierfüßern nehmen wir eine einzige gleichmäßige Krümmung der Wirbelsäule vom unteren Ende des Halses bis zum hinteren Ende des Kreuzbeines wahr, auch wenn sie sich aufrichten; das Becken macht also die Aufrichtung mit.

Beim Menschen dagegen bleibt das Becken im wesentlichen in seiner Lage; dagegen findet die bekannte tiefe Vorbeugung der Lendenwirbelsäule statt, so daß dadurch eine Abknickung des Thorax gegen das Becken erzeugt wird.

Das Stehen mit gestreckten Knien und die vorwärts konvexe Lendenkrümmung sind hiernach die Hauptkennzeichen des menschlichen Knochengerüstes.

Mit dieser Gestaltung der menschlichen Wirbelsäule ist nun aber natürlich eine ganz andere Statik verbunden als mit der aufrecht gestellten Vierfüßerwirbelsäule. Letztere ist ein senkrecht gestellter Bogen, erstere ein federnder Apparat mit mehrfachen Krümmungen und besonders geeignet, eine senkrechte Belastung zu tragen. Hier fällt die Schwerlinie hinter der Hüftaxe herunter, dort weit vor ihr. Das Auftreten der Lendenkrümmung beeinflußt alsbald die Gestalt der oberen Hälfte des Beckens, die Lage des Kreuzbeines, die Entwicklung der Rückenmuskulatur, der Dornfortsätze. Die vordere Seite des Brustkorbes erfährt keine Belastung mehr von seiten der Eingeweide. Dagegen macht sich der vordere Muskelzug geltend, drängt das Brustbein nach hinten und mit ihm die Rippen, welche nach den Seiten und nach dem Rucken ausweichen.

Aus dem seitlich komprimierten Thorax der Vierfüßer wird so der in die Quere stärker entwickelte Thorax des Menschen hervorgebracht; die Schulterblätter weichen von den Seiten nach hinten zurück, die obere Extremität wird frei an der Seite des Rumpfes getragen.

Die Unterschiede des menschlichen Knochengerüstes von dem der Mammalien lassen sich also sämtlich auf die gewohnheitsmäßige aufrechte Haltung des Menschen zurückführen.

In dem menschlichen Skelet liegt eine Form der Modifikation eines Grundtypus vor, von welchem andere Modifikationen in Menge bestehen, so bei Fledermaus, Känguruh, Affe, Maulwurf. Die Veranlassung zur gewohnheitsmäßigen aufrechten Haltung findet H. Meyer in der Bildung des menschlichen Kopfes. Versuche dieser Art können nach ihm jedoch nie den wirklichen Hergang feststellen; sie sind nur der Ausdruck gewonnener Einsicht in den Zusammenhang der Formen.

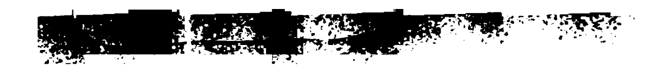
Register.

D.

G.

H.

I.



W.

Z.

Druck von Richard Hahn (H. Otto) in Leipzig.

Medizinalstatistik, Einführung. Professor Dr. **Karl Kißkalt.** 4 Abbildungen. Gr.-8°. VII, 142 S. 1919. GZ 2.—*, geb. 3.—*.

Mikromethodik. Quantitative Bestimmung der Harn- und Blutbestandteile in kleinen Mengen für klinische und experimentelle Zwecke. Dr. med. et phil. **Ludwig Pincussen.** 9 Abbildungen. Kl.-8°. 116 S. 1921. GZ geb. 1.40*.

Organotherapie, Lehrbuch, mit Berücksichtigung ihrer anatomischen und physiologischen Grundlagen. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen herausgegeben von Professor Dr. **J. Wagner v. Jauregg** und Privatdozent Dr. **Gustav Bayer.** 82 Textabbildungen. Gr.-8°. XI, 516 S. 1914. GZ 6.—*, geb. 8.—*.

Pathologische Anatomie. Leitfaden. Für Zahnheilkunde-Studierende und Zahnärzte. Professor Dr. **R. Oestreich.** Zweite verbesserte Auflage. 36 Abbild. 8°. VII, 143 S. (1920.) GZ 2.50*.

Pathologische Physiologie. Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte. Abt. I: Die Funktionsstörungen des Herzens, der Gefäße und des Blutes. Geh.-Rat Prof. Dr. **H. E. Hering.** Gr.-8°, VIII, 120 S. 1921. GZ 1.90*.

Pharmakologie, Theoretische und klinische. Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte. Professor Dr. **Franz Müller.** Gr.-8°. 152 S. 1921. GZ 1.50*, geb. 2.50*.

Physik, Grundriß. Für Studierende, besonders für Mediziner und Pharmazeuten. Oberstabs-Arzt Dr. **Walter Guttmann.** 17.—20. Auflage. 185 Abbild. Gr.-8°. 219 S. 1919. GZ geb. 2.50*.

Physikalische Chemie, Grundriß. Priv.-Doz. **M. Roloff.** 13 Abbildungen. Gr.-8°. VIII, 234 S. 1907. GZ 2.50*.

Physiologie, Grundriß. Erster Teil: **Biochemie.** Professor Dr. **Carl Oppenheimer.** Vierte, völlig neubearb. und vermehrte Auflage. 6 Abbildungen. Gr.-8°. VIII, 243 S. 1922. GZ 4.—*, geb. 6.—*. Zweiter Teil: **Biophysik.** Professor Dr. **O. Weiß.** 180 Abbildungen und 1 farbigen Tafel. Zweite Auflage. Gr.-8°. XII, 307 S. 1922. GZ 4.—, geb. 6.*.

Physikalisches Praktikum des Nichtphysikers. Theorie und Praxis der vorkommenden Aufgaben für alle, denen Physik Hilfswissenschaft ist. Dr. **F. Grünbaum** und Ingenieur **R. Lindt.** 133 Abbild. Dritte, erweit. u. verbess. Auflage, besorgt von Baurat Dr. R. Lindt und Priv.-Doz. Dr. W. Möbius. 8°. XVI, 414 S. 1921. GZ 2.50*, geb. 4.—*.

Psychologie, Medizinische. Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Priv.-Dozent Dr. **Ernst Kretschmer.** 22 Abbildungen. 8°. IV, 305 S. 1922. GZ 1.20*, geb. 2.50*.

Rezepttaschenbuch v. Ziemßens für Klinik und Praxis. Von Professor Dr. **H. Rieder** und Dr. **M. Zeller.** Dreizehnte, neubearbeitete Auflage. Erscheint im Herbst 1922.

Rezepttaschenbuch sparsamer Arzneiverordnungen für Privat- und Krankenkassenpraxis. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage. Professor Dr. **Franz Müller** und Oberapotheker **Alfons Koffka.** 8°. 56 S. 1922. GZ 0.45*, geb. 0.65*. Mit Schreibpapier durchschossen GZ 0,60*, geb. 0.90*.

Röntgendiagnostik innerer Krankheiten. Grundriß. Für Ärzte und Studierende. Professor Dr. **Fritz Munk.** 2. Auflage. 193 Abbildungen. 8°. VIII, 297 S. 1921. GZ 4.—*, geb. 6.—*.

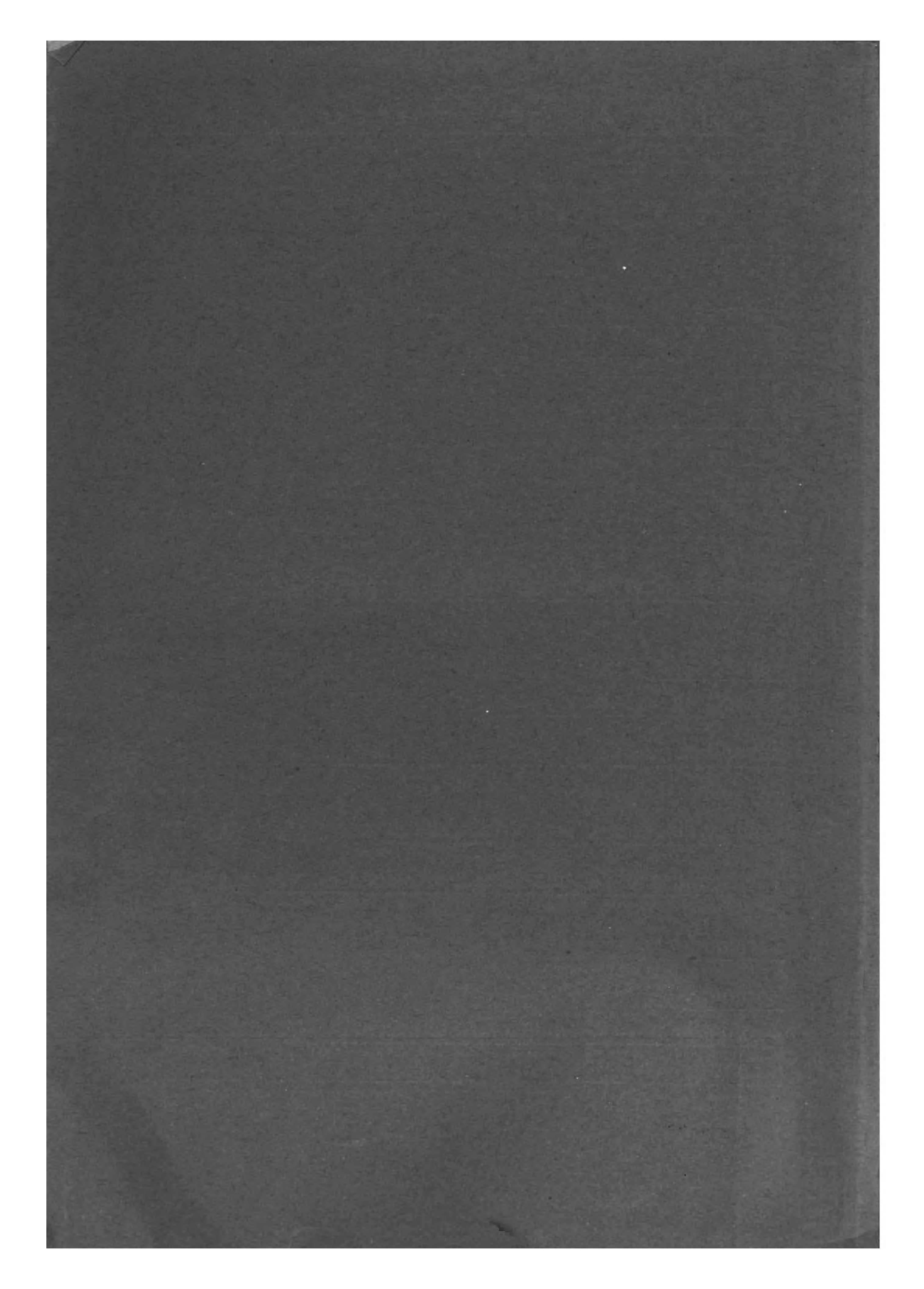
Therapeutische Technik für die ärztliche Praxis. Ein Handbuch für Ärzte und Studierende. Herausgegeben von Geh. San.-Rat Prof. Dr. **Julius Schwalbe.** Mit etwa 1133 Seiten Text und 666 Abbildungen. **Sechste,** verbesserte und vermehrte Auflage. Erscheint im Herbst 1922.

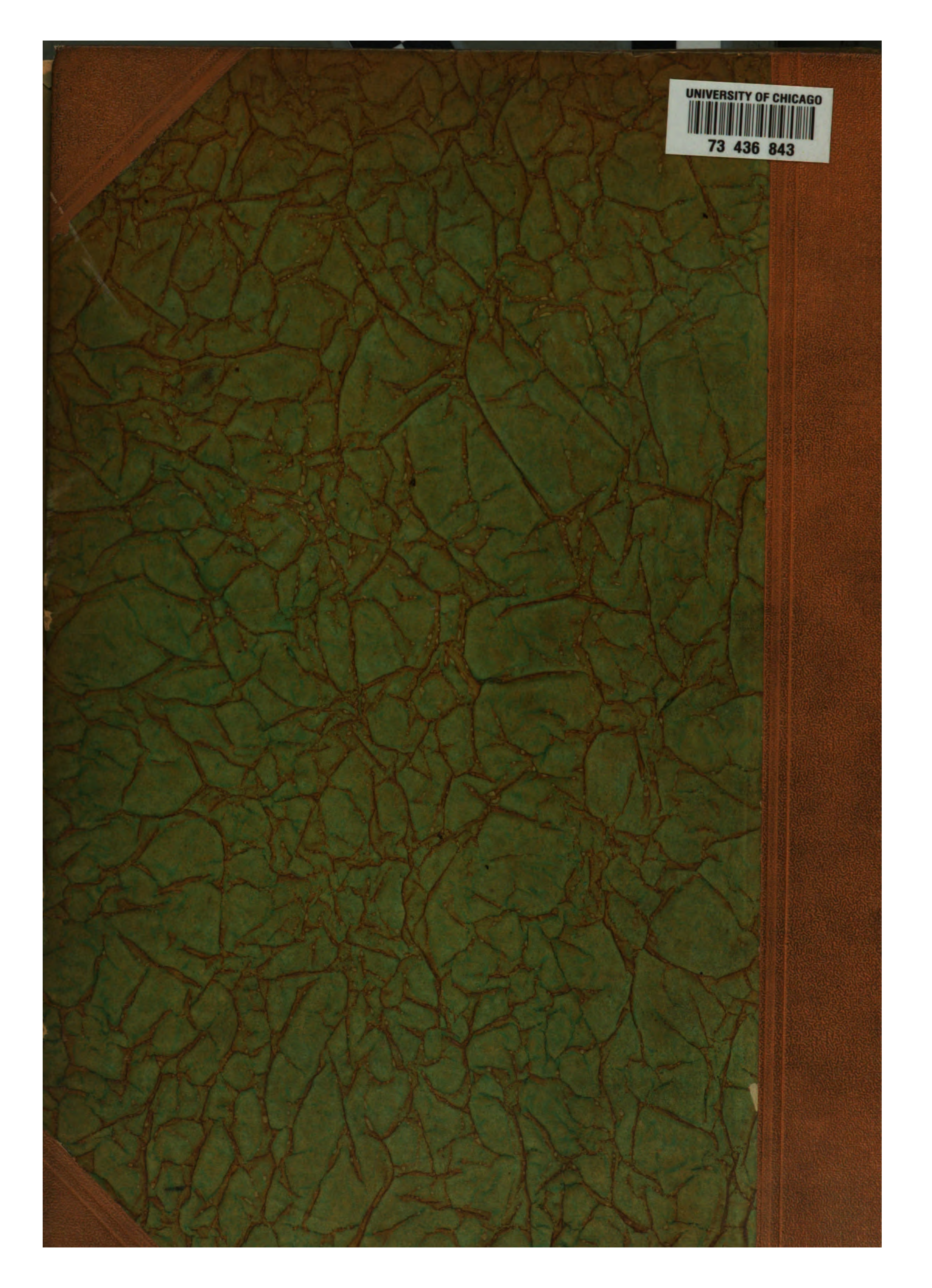
Terminologie. Roth's Klinische. Zusammenstellung der in der Medizin gebräuchlichen technischen Ausdrücke mit Erklärung ihrer Bedeutung und Ableitung. Dr. **E. Oberndörffer** †. Neunte, neubearb. Aufl. Dr. **Franz Dörbeck.** Gr.-8°. VIII, 528 S. 1919. GZ geb. 9.—*.

Zoologie. Kurzes Lehrbuch für Studierende der Medizin und Ärzte. Professor Dr. **A. Kühn.** Erscheint im Herbst 1922.

Zoologisches Taschenbuch für Studierende. **E. Selenka.** Neu herausgegeben von Professor Dr. **Rich. Goldschmidt.** Zwei Hefte. 660 Abbildungen. 7. Auflage. Gr.-8°. Heft 1: VIII, 130 S. Heft 2: IV, 143 S. 1920. GZ 4.—*.

*) Der Verkaufspreis ergibt sich aus Multiplikation der obigen Grundzahlen mit der jeweils geltenden Schlüsselzahl; dieser Umrechnungsschlüssel ist am 1. Oktober 1922: 80





UNIVERSITY OF CHICAGO
73 436 843